Phyt.
641 fd 8°
Schumann

Phys. 641 fd

Schumann

MORPHOLOGISCHE STUDIEN

VON

PROF. DR. K. SCHUMANN
CUSTOS AM KÖNIGLICHEN BOTANISCHEN MUSEUM IN BERLIN.

Heft 1. 2

HEFT I.

MIT SECHS LITHOGRAPHISCHEN TAFELN.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1892.

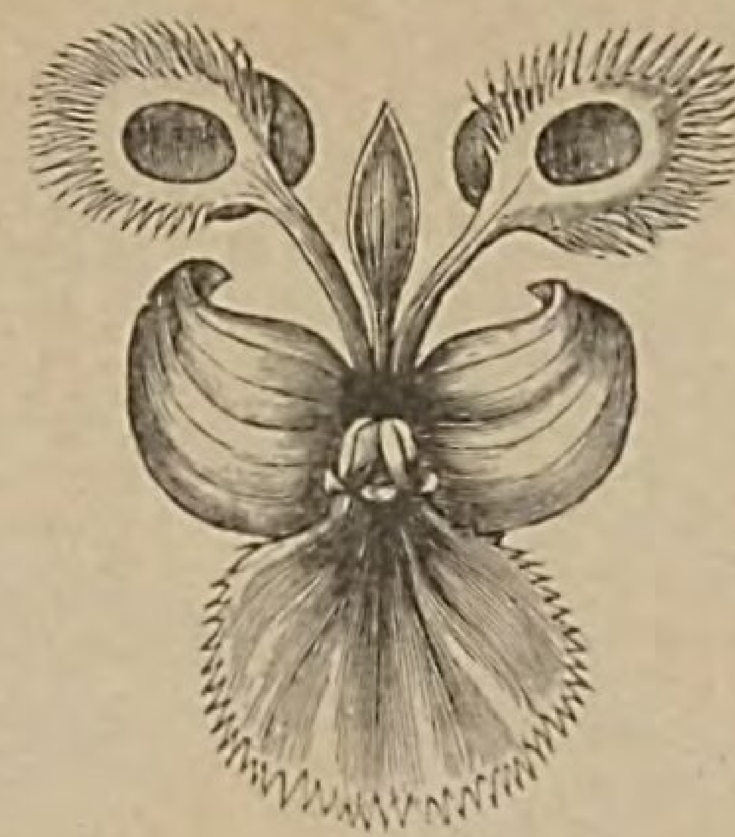
4420

Verlag von **Wilhelm Engelmann** in Leipzig.

Die natürlichen Pflanzenfamilien

nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten insbesondere den Nutzpflanzen.

In Lieferungen (3 Bogen) Lex. 8°
zum
Subskriptionspreis
à M. 1.50.—.
Einzelpreis
M. 3.—.



Mit
mehreren Tausend Abbildungen.

Probebogen
durch alle Buchhandlungen wie direkt vom Verleger
franko und gratis.

Bearbeitet unter Mitwirkung zahlreicher hervorragender Fachgelehrten von

A. Engler und **K. Prantl**

ord. Prof. der Botanik und Direktor des botanischen Gartens zu Berlin

Prof. der Botanik und Direktor des botanischen Gartens zu Breslau.

Bisher erschien:

I. Teil. (Im Erscheinen.)

1. Abteilung (Lfg. 36): *Acrasieae, Phytomyxinae, Myxogasteres.*

2. Abteilung (Lfg. 40, 41, 46, 60): *Conjugatae: Desmidiaceae, Zygnemaceae, Mesocarpaceae. Chlorophyceae: Volvocaceae, Tetrasporaceae, Chlorosphaeraceae, Pleurococcaceae, Protococcaceae, Hydrodictyaceae, Ulvaceae, Ulothrichaceae, Chaetophoraceae, Mycoideaceae, Cylindrocapsaceae, Oedogoniaceae, Coleochaetaceae, Cladophoraceae, Gomontiaceae, Sphaeropleaceae, Botrydiaceae, Phyllosiphonaceae, Bryopsidaceae, Derbesiaceae, Vaucheriaceae, Caulerpaceae, Codiaceae, Valoniaceae, Dasycladaceae, Characeae. Phaeophyceae: Ectocarpaceae, Choristocarpaceae, Sphacelariaceae.*

II. Teil in sechs Abteilungen. (Vollständig.)

Mit 3537 Einzelbildern in 803 Figuren, 3 Vollbildern, sowie Abteilungsregistern.

Lex. 8°. In 6 Abteil. geh. Einzelpreis M. 66.—, **Subskriptionspreis** M. 33.—. **In einen Band gebunden Einzelpreis** M. 69.50, **Subskriptionspreis** M. 36.50.

Die sechs Abteilungen sind auch einzeln erhältlich und zwar:

1. Abteilung: *Cycadaceae, Cordaitaceae, Coniferae, Gnetaceae, Angiospermae, Typhaceae, Pandanaceae, Sparganiaceae, Potamogetonaceae, Najadaceae, Aponogetonaceae, Juncaginaceae, Alismaceae, Butomaceae, Triuridaceae, Hydrocharitaceae.* Mit 1149 Einzelbildern in 191 Figuren, 1 Holzschnitttafel und Register. M. 17.—.

2. Abteilung: *Gramineae, Cyperaceae.* Mit 426 Einzelbildern in 120 Figuren, 1 Holzschnitttafel und Register. M. 9.—.

3. Abteilung: *Palmae, Cyclanthaceae, Araceae, Lemnaceae.* Mit 562 Einzelbildern in 109 Figuren und Register. M. 11.—.

4. Abteilung: *Flagellariaceae, Mayacaceae, Xyridaceae, Rapateaceae, Philydraceae, Restionaceae, Centrolepidaceae, Eriocaulaceae, Commelinaceae, Pontederiaceae, Bromeliaceae.* Mit 262 Einzelbildern in 41 Figuren und Register. M. 5.—.

5. Abteilung: *Juncaceae, Stemonaceae, Liliaceae, Haemodoraceae, Amaryllidaceae, Velloziaceae, Taccaceae, Dioscoreaceae, Iridaceae.* Mit 352 Einzelbildern in 105 Figuren und Register. M. 10.—.

6. Abteilung: *Musaceae, Zingiberaceae, Cannaceae, Marantaceae, Burmanniaceae, Orchidaceae.* Mit 782 Einzelbildern in 237 Figuren, einem Vollbild und Register. M. 14.—.

III. Teil. (Im Erscheinen.)

1. Abteilung (Lfg. 14, 18, 20, 30, 32, 35): *Saururaceae, Piperaceae, Chloranthaceae, Lacistemaceae, Casuarinaceae, Juglandaceae, Myricaceae, Leitneriaceae, Salicaceae, Betulaceae, Fagaceae, Ulmaceae, Moraceae, Urticaceae, Proteaceae, Loranthaceae, Myzodendraceae, Santalaceae, Grubbiaceae, Olacaceae, Balanophoraceae, Aristolochiaceae, Rafflesiaceae, Hydnoraceae.* Mit 1038 Einzelbildern in 190 Figuren, 2 Vollbildern und Register. M. 18.—.

1. Abteilung a (Lfg. 70): *Polygonaceae, Chenopodiaceae.*

1. Abteilung b (Lfg. 31, 33): *Phytolaccaceae, Nyctaginaceae, Aizoaceae, Portulacaceae, Caryophyllaceae.* Mit 193 Einzelbildern in 33 Figuren und Register. M. 6.—.

2. Abteilung (Lfg. 16, 19, 29, 55, 57, 58): *Nymphaeaceae, Ceratophyllaceae, Magnoliaceae, Lactoridaceae, Trochodendraceae, Anonaceae, Myristicaceae, Ranunculaceae, Lardizabalaceae, Berberidaceae, Menispermaceae, Calycanthaceae, Monimiaceae, Lauraceae, Hernandiaceae, Papaveraceae, Cruciferae, Tovariaceae, Capparidaceae, Resedaceae, Moringaceae, Sarraceniaceae, Nepenthaceae, Droseraceae.* Mit 733 Einzelbildern in 168 Figuren, 1 Vollbild und Register. M. 18.—.

2. Abteilung a (Lief. 51, 53, 56): *Podostemaceae, Crassulaceae, Cephalotaceae, Saxifragaceae, Cunoniaceae, Myrothamnaceae, Pittosporaceae, Hamamelidaceae, Bruniaceae, Platanaceae.* Mit 484 Einzelbildern in 75 Figuren, 1 Vollbild und Register. M. 9.—.

3. Abteilung (Lfg. 24, 59, 63, 71): *Rosaceae, Connaraceae, Leguminosae.*

4. Abteilung (Lfg. 47, 52): *Geraniaceae, Oxalidaceae, Tropaeolaceae, Linaceae, Humiriaceae, Erythroxylaceae, Malpighiaceae, Zygophyllaceae, Cneoraceae.*

5. Abteilung (Lfg. 42, 44, 59, 73): *Euphorbiaceae, Callitrichaceae, Empetraceae, Coriariaceae, Buxaceae, Limnanthaceae, Anacardiaceae.*

6. Abteilung (Lfg. 49, 50): *Elaeocarpaceae, Tiliaceae, Malvaceae, Bombacaceae, Sterculiaceae.*

7. Abteilung (Lfg. 72): *Lythraceae, Blattiaceae, Punicaceae, Lecythidaceae, Rhizophoraceae.*

IV. Teil. (Im Erscheinen.)

1. Abteilung (Lfg. 37, 38, 45, 69): *Clethraceae, Pirolaceae, Lennoaceae, Ericaceae, Epacridaceae, Diapensiaceae, Myrsinaceae, Primulaceae, Plumbaginaceae, Sapotaceae, Ebenaceae, Symplocaceae, Styracaceae.* Mit 777 Einzelbildern in 94 Figuren und Register. *M* 12.—.

3. Abteilung a (Lfg. 68.): *Convolvulaceae, Polemoniaceae.*

3. Abteilung b (Lfg. 65, 67): *Nolanaceae, Solanaceae, Scrophulariaceae.*

4. Abteilung (Lfg. 61, 62, 64, 66): *Rubiaceae, Caprifoliaceae, Adoxaceae, Valerianaceae, Dipsacaceae.* Mit 672 Einzelbildern in 68 Figuren, 1 Heliogravure und Register. *M* 12.—.

5. Abteilung (Lfg. 34, 36, 39, 43, 48, 54, 74): *Cucurbitaceae, Campanulaceae, Candolleaceae, Calyceraceae, Compositae.*

MORPHOLOGISCHE STUDIEN

VON

PROF. DR. K. SCHUMANN
KUSTOS AM KÖNIGLICHEN BOTANISCHEN MUSEUM ZU BERLIN.

HEFT I.

MIT SECHS LITHOGRAPHISCHEN TAFELN.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1892.

Alle Rechte, insbesondere das der Uebersetzung, vorbehalten.

Einleitung.

Die erneute Bereitwilligkeit der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, die Kosten für die Herstellung der diesem Hefte beigegebenen Tafeln zu tragen, hat mich in den Stand gesetzt, die Veröffentlichung meiner Untersuchungen über den Blüthenanschluss weiter fortzuführen. Ich spreche dafür der Akademie meinen ergebensten Dank aus. Ebenso danke ich der Verlagsbuchhandlung von W. Engelmann, dass sie sich zur Herausgabe dieser Hefte entschlossen hat.

Unter dem Titel »Morphologische Studien« gedenke ich meine Untersuchungen über den Blüthenanschluss zu vervollständigen und die bereits mitgetheilten Beobachtungen, wo es noth thut, zu ergänzen oder zu verbessern. Wie es nach der Natur der von mir behandelten Objekte nicht anders sein konnte, waren mir bei der Veröffentlichung jenes Buches manche Pflanzengruppen in dem Aufbau ihrer Blüthen noch nicht völlig klar geworden, mir fehlte bei einzelnen nur noch der eine oder der andere Zustand, zu dessen Erlangung ich aber nothwendiger Weise einen folgenden Sommer abwarten musste; umfangreiche Gruppen hatte ich überhaupt noch nicht in Angriff genommen, und wenn ich auch geflissentlich für die Darstellung solche Pflanzenformen gewählt hatte, aus deren Betrachtung das Bild der Blüthenentstehung überhaupt in grossen Zügen hervortreten konnte, so blieb und bleibt noch heute im Detail recht viel zu modellieren übrig. Diese Vervollständigung sollen die »Morphologischen Studien« im Laufe der Zeit bringen. Ich habe aber die Absicht, in der Zukunft meinen Gegenstand von einem etwas erweiterten Gesichtspunkte aus aufzufassen. Weder in dem Blüthenanschlusse, noch in dieser Fortsetzung erkenne ich einen Selbstzweck; ich betrachte diese Veröffentlichungen vielmehr als die Einleitung zu einer allgemeinen Morphologie der Pflanzen nach induktiver Methode. Sie sollen nur vertraut mit einem Materiale machen, welches ich später verwerthen will, dessen Vorausschickung mir aber wünschenswerth erscheint, weil eine fliessende Darstellung durch die umfangreiche Besprechung neuer Thatsachen wie durch das Mitschleppen eines schwerfälligen Gepäckes erheblich beeinträchtigt werden muss.

Ich habe meinen Plan, die Morphologie der Blüthen zu bearbeiten, erweitert, indem ich eine Reihe von Untersuchungen über die Blattstellungsverhältnisse aufgenommen habe, denn die erstere wird niemals in wirklich erschöpfender Weise behandelt werden können, wenn nicht die Phyllotaxie der vegetativen Sphäre gehörig berücksichtigt und vorausgeschickt wird. Imgleichen muss der Lehre über die Inflorescenzen auch die Untersuchung über die Sprossverkettungen in der extrafloralen Region vorausgehen. Erst nachdem ich mir das Feld durch diese Prolegomena geebnet haben werde, hoffe ich die von Hofmeister bereits einmal dargestellte »Allgemeine Morphologie« von neuem behandeln zu können.

An die von mir in dem Blüthenanschlusse aufgestellten Thesen hat sich eine öffentliche Diskussion noch nicht geknüpft; ich hoffe und wünsche, dass die Angriffe auf dieselben nicht ausbleiben, sondern dass sie zahlreich erhoben werden möchten. Nur durch den Austausch der Erfahrungen und durch den Widerspruch der Meinungen werden die meinen Schlüssen anhaftenden Mängel gehoben werden, so dass schliesslich ein Rest bleibt, der zu einem Gemeingute unserer Wissenschaft wird. Wenn nun schon eine öffentliche Diskussion über die morphologische Frage nicht besteht, so konnte bei dem regen geistigen Wechselverkehre mit den zahlreichen Freunden und Fachgenossen Berlins nicht ausbleiben, dass ich den Eindruck gewann, in gewissen Punkten nicht recht verstanden worden zu sein. Namentlich bin ich auf zwei Entgegnungen gestossen, die ich hier ein wenig näher berücksichtigen will, da sie meinem Ermessen nach und in Sonderheit die letzte, wesentlich dazu beitragen könnten, die ganze Frage zu klären und die Fragestellung präcis zu formulieren. Die erste ist, dass »derartige Untersuchungen für die Systematik keine Verwendung finden können«, die zweite, »dass man das, was ich Ursache und was ich Wirkung nannte, beliebig vertauschen dürfe«.

Was nun den ersten Punkt anlangt, so gilt es vor allem die Stellung zu bestimmen, in welcher sich die Morphologie zur Systematik überhaupt befindet. Beide sind mit einander auf das engste verkettet, so dass es heute zwar Systematiker giebt, die auch Morphologen sind, aber kaum einen Morphologen, der nicht Systematiker wäre. Mit den übrigen Disciplinen steht die Systematik nicht in so inniger Verbindung. Die Anatomie allerdings hat in der neueren Zeit eine so weit gehende Berücksichtigung von Seiten der descriptiven Botaniker erfahren, dass sie für eine ganze Schule zu einem integrierenden Theile der wissenschaftlichen Ausübung geworden ist, andere freilich wollen von ihr heute noch nichts wissen und stehen auf dem Stand-

punkte, dass »durch Berücksichtigung der Anatomie für die Systematik nichts herauskommt«.

Die Erkenntnisse, welche die Physiologie und Biologie gebracht haben, sind für die Systematik in sofern von geringem Belange gewesen, als sie sich, was hier immer die Hauptsache ist, für die Klassenbildung, d. h. die Gruppierung der Gewächse nicht brauchbar erwiesen haben. Damit soll nicht gesagt werden, dass nicht der Lehrbetrieb der Systematik besonders von den Errungenschaften der letzt erwähnten Disciplin einen häufigen und umfangreichen Gebrauch mache: gilt es doch einen an und für sich trockenen Stoff mit Saft zu durchtränken und in eine angenehmer zu geniessende Form umzuprägen. Die Gruppen, welche aber durch das Studium der biologischen Verhältnisse gewonnen werden und die aus den physiologischen Lebensbedingungen erwachsen, fallen so gut wie durchgehends mit den systematischen Abtheilungen nicht zusammen und werden für das System ausser Acht gelassen. Wenn etwa die Klassen der Anatomie, der Physiologie und Biologie mit jenen der systematischen Botanik nicht in Einklang stehen, so ficht das den Systematiker nicht an. Bei der Morphologie aber liegt die Sache ganz anders. Die Versuche, die Morphologie von der Systematik los zu lösen und sie zu einer den übrigen Disciplinen gleichwerthigen Wissenschaft zu erheben, sind bisher wenig erfolgreich gewesen. Die Hofmeister'sche allgemeine Morphologie hat so gut wie gar keinen Einfluss auf die Entwicklung unserer Wissenschaft gehabt, die Schwendener'schen Untersuchungen, welche zu einer mechanischen Theorie der Blattstellung geführt haben, sind vernachlässigt worden und beide Bücher werden kaum noch gelesen. Obschon Hofmeister vor nun fast einem Vierteljahrhundert offen erklärte, die Spiraltheorie ist nicht blos überflüssig, sie ist ein Irrthum, besteht sie noch heute. Wenn Schwendener mit mathematischer Schärfe und unwiderleglich zeigte, dass die genetische Spirale nur den Werth einer geometrischen Construktion besässe, so hat auch diese Thatsache jener keine Einbusse gebracht.

Als ich vor einer Reihe von Jahren einem der ersten und der stimmführenden Morphologen die Frage vorlegte, wie er sich denn zu den beiden, so bestimmt formulierten Sätzen der genannten Autoren verhielte, bekam ich die Antwort, »diese müssten doch noch erst bewiesen werden«. Ich bin aber der Meinung, dass die Sache doch ganz anders liegt. Die geforderten Beweise sind gegeben und Sache der Morphologen ist es, sie entweder anzuerkennen und die, wie ich recht wohl weiss, ausserordentlich schwerwiegenden Consequenzen zu ziehen oder sie durch exakte Untersuchungen zu widerlegen. Es ist eine ebenso befremdliche wie beklagenswerthe

Erscheinung, dass die Forschungen zweier Autoren, die auf so manchem Gebiete epochemachende Arbeiten zu Tage förderten, vernachlässigt werden, und es ist zur Pflicht geworden, diesem Zustande ein Ende zu bereiten.

Worin hat nun diese für jede Wissenschaft, in Sonderheit aber für einen Zweig der Naturwissenschaften, die stets die voraussetzungslose Grundlage der reinen Erfahrung betonen, ungewöhnliche Erscheinung ihren Grund? Zweifelsohne in keinem anderen Umstande als dem, dass die Spiraltheorie die Wirbelsäule des ganzen gegenwärtigen Pflanzensystems ist. Viele meinen, fällt sie, dann kommt das ganze so vollkommen entwickelte Gebilde ins Schwanken. —

Nun will ich durchaus nicht die Meinung vertreten, dass nicht eine Theorie, deren Zukömmlichkeit gegenüber man nur einen mässigen Grad von Ueberzeugung besitzt, ja von deren Unrichtigkeit man überzeugt ist, trotz alledem befruchtend auf die Entfaltung einer Wissenschaft wirken und deswegen gepflegt werden könne. Sollte z. B. KEKULÉ meinen, dass in dem Benzolkern die Atome wirklich in der Form des nach ihm benannten Ringes gruppiert seien? Wahrscheinlich ist, dass bei einem dreidimensionalen Körper die zusammensetzenden Elemente nicht in eine Ebene fallen. Die Form wird also, man kann fast sagen, mit Gewissheit die natürlichen Verhältnisse nicht wiedergeben, trotzdem aber hat sie für die Einsicht in das Wesen der Kohlenstoffverbindungen eine nicht genug zu schätzende Bedeutung gewonnen. Wenn auch die Frage nach der Continuität oder Discontinuität der Materie niemals gelöst werden kann, so hat doch die Molekular- und Atom-Theorie die wichtigsten Fortschritte in der Wissenschaft bedingt.

In gleichem Maasse hat die Spiraltheorie, wenn sie auch unrichtig war, einen ganz ungewöhnlichen Anstoss zur Erforschung der Morphologie ausgeübt und zahllose wichtige Resultate gezeitigt. Jetzt aber, da gezeigt wird, dass die Thatsachen der Theorie widersprechen, dass die Organe sehr oft weder in der Reihenfolge, welche sie setzt, noch unter den constanten Winkeln, welche sie fordert, erscheinen, muss sie fallen gelassen werden. Da der Bruch nicht mehr zu heilen ist, so mache man nicht den Versuch, ihn durch phylogenetische Speculationen und theoretische Deutungen zu verdecken.

Dass das Aufgeben dieser Theorie für die Systematik gewisse einschneidende Folgen nach sich ziehen wird, weiss ich, die Sorge vor ihnen kann mich aber selbstredend in meinem Urtheil nicht beeinflussen. Mit der Wissenschaft muss es schlecht bestellt sein, die sich vor der Wahrheit scheut, in ihrem Dienste sollen alle Forschungen stehen, nicht aber in dem eines bestimmten Systems. Wenn also

Jemand meint, dass meine Endergebnisse für den jetzigen Betrieb der Systematik keine unmittelbare Verwendung finden können, so stimme ich ihm unbedingt zu, muss aber zugleich bemerken, dass es meine Absicht allein war, morphologische Untersuchungen anzustellen, ohne den Gedanken, dass die Resultate für die Systematik neue Stützen bringen müssten. Der bleibende Gehalt einer Wissenschaft besteht nicht in jenen theoretischen Erwägungen und sogenannten Erklärungen, welche die gegebenen Thatsachen unter einheitliche Gesichtspunkte zusammenfassen, sondern in den Thatsachen selbst. Wenn Jackson, der Präsident der Vereinigten Staaten, einmal sagte, eine neue Thatsache ist mehr werth als zehn Theorien, so gab der Ausdruck denselben Gedanken nur in schroffer Form wieder. Wer sich die Mühe nehmen will, meine Arbeiten durchzulesen, der wird finden, dass die Menge der von mir mitgetheilten Beobachtungen, welche füglich als neu bezeichnet werden können, immerhin umfangreich genug ist. Diese müssen der Systematik zu Nutze kommen, ihre Theorien mögen sein, welche sie wollen.

Der zweite Punkt, welcher nun noch einige Berücksichtigung erfahren soll, bezieht sich auf den Einwurf, dass Ursache und Wirkung in meinem Sinne vertauscht werden könnten. Ich will diese Frage durch ein Beispiel ein wenig klarer zu machen versuchen. Ich habe die Behauptung aufgestellt, die Ursache der Decussation sei darin zu finden, dass der Vegetationskegel im Laufe der Entwicklung in zwei auf einander senkrechten Richtungen die Form einer Ellipsoidkappe annimmt und dass dann in den Enden der langen Axe zwei Neubildungen auftreten. Ich wurde zu dieser Behauptung wesentlich durch die Beobachtung geführt, dass in allen Fällen, wenn ein Körper von der letzterwähnten Beschaffenheit entstand, zwei gleich gelegene Neubildungen hervorsprossten, mochten dieselben zwei Vorblätter oder ein Vorblatt und ein Blüthenblatt, oder zwei Blüthenblätter, zwei Staubgefässe, zwei Karpiden sein, immer sah ich, dass der Anlage von zwei um 180° divergierenden Phyllomen eine Transformation des Vegetationskegels zu einer Ellipsoidkappe vorausging. Nun hat man mir entgegengehalten, dass umgekehrt die Entstehung der Blätter die Ausgestaltung des Vegetationskegels bedinge. Ich möchte gegen diese Entgegnung folgende Erwiderung machen. Für mich wird die Anwesenheit eines Blattes erst dann offenbar, wenn die ersten Spuren wirklich sichtbar werden. Dass aber die Folgen einer an zwei entfernten Punkten local gesteigerten Wachsthumsenergie bemerkbar werden, selbst wenn diese erst in sehr wenigen Zellen Platz gegriffen hat, ist eine genügend bekannte und auch von mir namentlich bei den Gramineeninflorescenzen vielfach constatierte Thatsache. Von der

Anlage eines Phyllomes kann erst gesprochen werden, wenn die darauf hinzielenden Zelltheilungen an bestimmten Stellen des Periblems eintreten. Die Umgestaltung des Vegetationskegels zu einer Ellipsoidkappe vollzieht sich aber durch eine Wachsthumszunahme deren Energie nicht in zwei localisirten Punkten das Maximum erreicht, sondern dadurch, dass der Vegetationskegel zunächst der Hauptwachsthumsrichtung in der Basis des letzten Blätterpaares folgen muss. Wäre das Auftreten jenes Blätterpaares das zeitliche Primäre, durch dessen Entwicklung die Dehnung in der Richtung seiner Mediane und somit die Transformation der Axe zu einem im Querschnitte elliptischen Gebilde erfolgte, so würde Ursache und Wirkung umgestellt werden müssen; so aber lehrt die Beobachtung, dass durch die Transformation in successiv zwei auf einander senkrechten Richtungen immer erst der Platz geschaffen wird, in' den unter Wahrung einer indifferenten, d. h. für Neubildungen unfähigen Zone am Scheitel, die Phyllompaare eintreten.

Für die exakte Beobachtung meine ich die Entscheidung über Ursache und Wirkung getroffen zu haben. Wenn nun die formale Betrachtung die Ausweichung entgegenhält, dass sie sich bereits vor der Dehnung die Anlage des Blattpaares denken kann, so muss ich darauf erwidern, dass einmal Gedanken an physischen Objekten niemals zu Ursachen werden und dass andererseits ebenso gut die Anlage unendlicher Blattpaare in den Vegetationskegel hineingedacht werden kann, wie die eines einzigen.

Eine Auseinandersetzung darüber, was ich unter dem Begriffe der Causalität verstehe, wird wahrscheinlich dazu beitragen, die ganze von mir in Anregung gebrachte Frage zu klären. Was es eigentlich mit der Causalität d. h. der Wechselbeziehung zwischen Ursache und Wirkung auf sich hat, wissen wir nicht, in der neueren Zeit hat man sogar den Bestand einer solchen uns unverständlichen Relation geleugnet; die Causalität ist eine Kategorie unseres Verstandes, eine reine Form unserer Anschauung, zwei auf einander folgende Erscheinungen werden mit einander in eine engere Verbindung gebracht. Die Aufgabe der Forschung wird dann, wenn sie die Causalität als Regulative setzt, immer sein, Erscheinungsassociationen zu bilden. Werden diese Paarlinge durch ein ihnen gemeinschaftliches Element kettenartig verbunden, so erhalten wir eine Causalreihe. Keine derselben gelangt zu einem definitiven Abschlusse, weil sie schliesslich in ein unserer Erkenntniss unzugängliches Gebiet führt, bei der Aufstellung selbst sehr langer Causalreihen wird schliesslich stets ein pourquoi du pourquoi übrig bleiben.

Nicht jede Erscheinungsassociation stellt ein Causalverhältniss

dar, sie muss vielmehr zu letzterem Behufe nach doppelter Hinsicht constant sein: das eine Element kann nicht in endlicher Zeit ohne das andere sein und beide müssen eine constante Folge haben, die Erscheinungsassociation muss sich regelmässig und in derselben Reihe wiederholen. In diesen zwei wesentlichen Momenten liegen die Quellen eines möglichen Irrthums. Wir können Erscheinungsassociationen bilden, die nur zufällige sind, oder wir können die Folge verwechseln, im letzteren Falle tritt der oft vorkommende und auch mir, wie erwähnt, vorgehaltene Fehler ein, dass Ursache und Wirkung vertauscht sind. Der erste Irrthum wird beseitigt durch die Häufigkeit der Beobachtung, der zweite wird, wenn zwischen dem Auftreten der ersten und zweiten Erscheinung eine bemerkbare Zeit verstreicht, auf demselben Wege erledigt werden. Häufig sinkt aber das Zeitintervall bis zu einer solchen geringen Dauer herab, dass für uns Ursache und Wirkung zusammenfallen, und dann sind wir nur auf indirektem Wege im Stande, das der Zeit nach erste Element zu ermitteln. Diesergestalt liegt die Sache bei der Beurtheilung des Causalnexus in der Entstehung der pflanzlichen Organe, sobald ein lückenloser Contakt um den Herd der Neubildung vorliegt. Ich betone ausdrücklich den lückenlosen Contakt, denn wenn derselbe nicht vorhanden ist, so hört die Möglichkeit, eine Erscheinungsassociation in der von mir ausgesprochenen Weise zu bilden, auf. Drei Fälle sind denkbar, wie ein neu entstehendes Organ sich seiner angrenzenden Nachbarschaft gegenüber verhält: Entweder übt es einen Stoss auf die Umgebung aus, so dass es die vorhandenen Gebilde bei Seite und sich an deren Stelle setzt, oder die Nachbarschaft weicht in bestimmtem Maasse auseinander und schafft einen Raum, den die Neubildung ausfüllt. Beide Verhältnisse werden, obschon sie ihrem Wesen nach völlig verschieden sind, doch denselben Endeffekt für unsere Wahrnehmung haben. Endlich ist noch ein drittes Verhältniss denkbar: in dem Maasse nämlich als die Umgebung durch Wachsthumsprocesse freie Räume schafft, und zwar in genau abgezirkelten und vorher abgemessenen Relationen, wächst die Neubildung in jene hinein. Um dieses letzte Verhältniss, das mit dem Namen einer prästabilierten Harmonie belegt werden muss, zuerst zu besprechen, so kann dasselbe für eine mechanische Auffassung nicht in Betracht kommen, denn es setzt nothwendiger Weise eine solche bis ins kleinste gehende Abzirkelung der Grössenverhältnisse voraus, dass die organischen Gebilde mathematisch congruente Körper sein müssten, eine Annahme, die durch die reelle Wahrnehmung nicht bestätigt wird. Bei allen Neubildungen treten vielmehr gewisse Unregelmässigkeiten auf, welche sich in der Gestalt jeder Blüthe offenbaren. Uns aber

vorzustellen, dass jede dieser kleinen Abweichungen, welche zuweilen notorisch durch äussere Beeinflussungen hervorgerufen werden, schon vor der Entstehung in jedem Individuum vorhergesehen worden wäre, ist für unseren Verstand schlechterdings unmöglich. Wollen wir also überhaupt von einem Causalconnex sprechen, so kann nur der erste oder zweite Fall discutiert werden.

In meiner Arbeit über den Blüthenanschluss habe ich an mehreren Stellen darauf hingewiesen, dass neu angelegte Organe von einer bemerkenswerthen Weichheit sind, dass sie sich den gegebenen äusseren Bedingungen anschmiegen, Hemmungsgebilde umwachsen, dass sie aber niemals einen Stoss auf die Umgebung auszuüben im Stande sind, d. h. einen Körper zu verschieben vermögen. Ich habe an den Blüthen von *Pentstemon* eine doppelte Anlage des Kelches nachgewiesen, welche von der Stellung der Contaktkörper abhängig ist, und die Disposition der Karpiden an *Rhodiola* wechselnd gefunden, je nachdem ob die Staubgefässe als Contaktkörper fungieren oder nicht; ich werde unten an *Adoxa* zeigen, dass die normale Bildung der tetrameren Gipfelblüthe unterbleibt, sobald ein hoher Contaktkörper die Lappung des Vegetationskegels bedingt und so zur Veranlassung einer pentameren Blüthe wird. Nirgends ist mir ein Fall begegnet, in dem eine Neubildung in die Umgebung aktiv verändernd eingreift, überall tritt vielmehr sogleich in dem Arrangement jener eine Veränderung ein, wenn die Contakte sich modificieren. Aus dieser Erfahrung ziehe ich den Schluss, dass die Ursache der Phyllomdisposition in den Bewegungen zu suchen ist, welche die Contaktkörper durch die in der Axe und in ihnen selbst sich vollziehenden Wachsthumszunahmen erfahren und damit in den geschaffenen freien Räumen, in welche die Neubildungen hineinwachsen.

Zuweilen führt auch die direkte Beobachtung zum Ziele, wie ich in diesem Hefte für die Blätter mit scheidigem Grunde nachgewiesen habe. Hier verstreicht zwischen der ersten Erscheinung und der zweiten ein solcher Zeitraum, dass die Ursache leicht beobachtbar wird. Natürlich ist mit dem Nachweis der Ursache die Causalreihe weit davon entfernt, zu Ende geführt zu sein. Dass gerade die zur Bildung eines bestimmten Blattarrangements nothwendigen Räume in genau der bestimmten Grösse und genau derselben Wiederholung geschaffen werden, ist für unsern Verstand heute ebenso unfassbar, wie alle die Erscheinungen, welche durch die complexen Actionen der Inhärenz hervorgerufen werden.

Berlin, den 24. Juni 1892. **K. Schumann.**

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

I. Die Blattstellungen in gewundenen Zeilen.

Die in den folgenden Untersuchungen behandelten Formen der Blattstellungen bieten in ihrem Aeusseren so allgemein auffallende Besonderheiten, dass sie selbst dem Laien, der in die verschlungenen und oft schwierig zu begehenden Pfade der Phyllotaxie nicht eingedrungen ist, bemerkenswerth erscheinen. Ist es doch eine solche besonders auffällige Anordnung der Blätter gewesen, welche der Gattung *Pandanus* bei den Deutschen den populären Namen »Schraubenbaum«, bei Engländern »screw pine« eingetragen hat.

Schon mehrere Autoren haben sich früher mit der Untersuchung über diesen Gegenstand befasst, wobei jeder derselben die ihm eigene Stellung zur Frage über die Blattstellung zum Ausdrucke brachte: Al. Braun trat an diese Verhältnisse mit dem Bestreben heran, die Divergenzbrüche zu ermitteln und diesen in dem Netzwerk mathematischer Relationen einen Platz anzuweisen, Hofmeister und Sachs versuchten, gewisse Fälle ursächlich zu erklären.

Ich werde den Gegenstand nach folgenden Gesichtspunkten behandeln: Um mit dem Materiale, welches die reale Grundlage für die ganze Untersuchung bilden muss, vertraut zu machen, werde ich einige prägnante Fälle aus der Reihe der Monocotylen, bei denen sie bis jetzt fast ausschliesslich beobachtet worden sind, beschreiben. Zweitens werde ich eine ursächliche Erklärung dieser Blattstellungen zu geben versuchen, wobei die formale von Alex. Braun und die causale von Hofmeister und Sachs zu besprechen und kritisch zu beleuchten sein werden. Gewissermaassen zur Prüfung auf die Richtigkeit der von mir gegebenen causalen Begründung werde ich einige bisher nicht bekannte analoge Erscheinungen bei den Dicotylen heranziehen. Die Beobachtungen, welche meine Erklärung vorbereiten sollen, werden vorzüglich aus dem Verfolge der Entwicklungsgeschichte der Laubsprosse entnommen werden. Endlich werde ich die Methoden,

welche gegenwärtig zur Bestimmung der Blattstellungen in Verwendung kommen, besprechen und zugleich prüfen, ob die vielfach angenommene Verschiebung der Blätter für die vorliegenden Fälle möglich ist.

A. Beschreibung von Blattstellungen in gewundenen Zeilen.

Das für diese Untersuchungen nothwendige Material ist in einer ausserordentlichen Vollständigkeit von AL. BRAUN zusammengetragen, mit Sorgfalt gesichtet und geordnet worden. Wir finden es in demjenigen Abschnitte seiner Epoche machenden Arbeit über die Stellung der Schuppen an den Tannenzapfen*, wo er von den Annäherungsstellungen an die Divergenzen der Hauptreihe spricht. Er hat uns dort mit Blattstellungen bekannt gemacht, die nach 2, 3, 5, 8 gewundenen Zeilen geordnet sind. Damit ist aber die Zahl der Fälle weder nach der oberen noch nach der unteren Grenze erschöpft, denn es ist offenbar, dass für diese Zusammenstellung Coordinationszahlen der Hauptreihe von maassgebender Bedeutung sind, und da diese Reihe mit 8 nicht abschliesst, so werden auch, wenn ferner darauf geachtet wird, Blattstellungen in gewundenen Zeilen höherer Zahl nicht fehlen. Freilich werden wir dieselben nur dort erwarten können, wo die Blätter an sehr verkürzten Sprossen dicht gedrängt stehen, und dann werden andere Zeilen die Schärfe des Bildes bald erheblich beeinträchtigen. Auch nach unten hin ist mit zwei Zeilen die Reihe der Möglichkeiten nicht geschlossen: AL. BRAUN hat vielmehr selbst beobachtet, dass es auch Sprosse giebt, bei denen die Blätter in einer einzigen gewundenen Zeile stehen. Er hat diese Verhältnisse aber, da für ihn die Stellungen in gewundenen Zeilen nicht an sich, sondern nur in sofern ein Interesse hatten, als sie sich in die Divergenzwerthe zwischen 0 und $\frac{1}{2}$ einfügten, an einer anderen Stelle** erledigt. Er behandelt sie bei Gelegenheit der Besprechung der Nebenreihen.

Beginne ich zunächst mit den Dispositionen, nach welchen die Blätter in *einer* einzigen gewundenen Zeile den Stengel besetzen, so kann ich für sie nur 2 Gattungen namhaft machen, welche sie allerdings ohne jegliche Ausnahme aufweisen: *Costus* und *Tapeinochilus*. Wiederum kommen sie in beiden allein den Laubsprossen zu; sobald sich die Pflanze anschickt, Blüthen zu erzeugen, wird der Anreihungsmodus sogleich geändert und werden zapfenartige Körper gebildet, deren Phyllome nach Divergenzen gestellt sind, die durchaus von jenen

* AL. BRAUN l. c. 307—308.
** AL. BRAUN, Tannenzapfen 327.

abweichen. Dabei ist ganz gleichgültig, ob die Inflorescenzen an besonderen, aus der Grundaxe hervortretenden Kurztrieben erscheinen, oder ob der laubige Stengel an seinem Ende einen solchen Zapfen bildet.

Als Untersuchungsobjekte dienten mir eine Anzahl von *Costus*-Arten, welche in dem Königlichen botanischen Garten zu Berlin cultivirt werden. Hauptsächlich benützte ich 2 von Joh. Braun aus Kamerun eingeführte neue Formen, die ich unter den Namen *C. Tappenbeckianus* und *C. Lucanusianus* beschrieben habe und die wegen der von ihnen erzeugten ausserordentlich grossen Menge von sterilen Trieben ganz besonders geeignet waren; ausserdem verglich ich noch *C. discolor* und *C. comosus*, sowie eine nicht bestimmte Art, welche von Baron Eggers aus West-Indien gebracht worden war. Die Gattung *Tapeinochilus* konnte ich nur in getrocknetem Zustande nach 3 auf Neu-Guinea von Hollrung gesammelten und ebenfalls von mir beschriebenen Arten untersuchen. Aufgeweichte Sprosse dieser Gattung zeigten in allen sogleich zu beschreibenden Einzelheiten keinerlei Abweichungen von der Gattung *Costus*, mit der *Tapeinochilus* am nächsten verwandt erscheint.

An den von mir studierten Sprossen fand ich, dass die Laubblätter in einer solchen Anreihung aufeinanderfolgten, dass ungefähr das vierte, fünfte, sechste bis neunte Blatt sich über ein unteres stellte, von dem ich bei der Zählung ausgegangen war. Verfolgte ich den Gang der Blattverbindungscurve nach dem kurzen Wege, so musste ich den Stengel einmal umgehen, um zu dem ungefähr superponierten Blatte zu kommen. Demgemäss würde die Blattstellung annähernd durch den Bruch $\frac{1}{p}$ ausgedrückt werden, wenn unter p die Zahl der Blätter verstanden wird, welche zu passieren sind, bis das nächste superponierte Blatt erreicht wird. Schon bei 9 Blättern ist die Spirale ziemlich steil, so zwar, dass der Abstand eines jeden Phylloms von dem vorhergehenden nur 40° beträgt. Mit der Zahl 9 braucht aber die Grenze noch nicht erreicht zu sein und in der That scheint an üppig wachsenden Exemplaren von *Tapeinochilus* ein noch kleinerer Bruch, durch eine grössere Zahl von Blättern erzeugt, vorzukommen. Beim Trocknen solcher Sprosse waren alle Blätter nach einer Seite herübergedrückt, so dass ich, ehe ich dieselben aufgeweicht hatte, der Meinung war, es läge in der That die gerade Uebereinanderstellung mehrerer Blätter, also die Stellung $\frac{1}{\infty}$ vor*. Mittlerweile habe ich mich davon überzeugt, dass diese Annahme irrthümlich ist.

* Schumann und Hollrung, Flora von Kaiser Wilhelmsland 27.

Al. Braun ist über die Blattstellung von *Costus* der Ansicht gewesen, als ob das fünfte, sechste u. s. w. Blatt genau über dem Blatte f^0 läge. Ich habe ausdrücklich gesagt, dass diese Stellung nur ungefähr erreicht wird. Nach der bisher geltenden Methode, diese Dispositionen zu bestimmen, ist es für *Costus* keineswegs einfach, ein bestimmtes Resultat zu gewinnen. Zwei Umstände tragen dazu bei, die Festsetzung zu erschweren, einmal die beträchtliche verticale Entfernung der Blätter von einander, also die Grösse der Internodien, und zweitens eine sehr häufig wiederkehrende Torsion der Stengel. Den ersten Uebelstand hat *Costus* mit allen Sprossen, die gestreckte Internodien besitzen, gemein. Für das Augenmaass wächst die Schwierigkeit, kleine Winkel abzuschätzen, mit der zunehmenden Länge der Abstände beider Schenkel. Wir werden meinen, dass dieselben zusammenfallen, wenn sie in der That noch einen erheblichen Richtungsunterschied bilden, sofern die Entfernung der superponierten Punkte ziemlich gross ist.

Die spirale Drehung der aufrechten Stengel ist aber eine *Costus* und *Tapeinochilus* in mehr oder minder ausgeprägtem Maasse allgemein zukommende Besonderheit. Ich habe sie wenigstens nicht blos an dem mir vorliegenden lebenden und getrockneten Materiale nachweisen können, sondern sie auch an vertrauenswerthen Zeichnungen angedeutet gefunden. Die Torsion wird, wie es scheint, nicht durch eine Reizbarkeit des wachsenden Sprossendes erzeugt, denn sie ist eine völlig freie, sie führt also auch nicht dazu, dass die *Costus*stengel eine Stütze umwinden. Niemals konnte ich, obschon *C. Tappenbeckianus* in einer Schale von mässigem Umfange 30—40 Stengel trieb, eine Umschlingung derselben untereinander constatieren. Ueber die Ursachen der Torsion habe ich keine Beobachtungen gemacht; es wäre aber wünschenswerth zu prüfen, ob die für *Costus* und *Tapeinochilus* charakteristische enge Umfassung der vollkommen geschlossenen, am oberen Ende noch etwas verengten Blattscheiden von Einfluss auf das Maass der Torsion ist.

Wer nun festsetzen will, welches Blatt über ein als f^0 bezeichnetes unteres fällt, der hat nöthig, durch eine rückläufige Drehung die Torsion des Stengels aufzuheben. Eine solche Bewegung kann aber nur dazu angethan sein, die Genauigkeit des Resultats zu beeinträchtigen, denn es ist immer sehr schwer zu bestimmen, wann mit ihr eingehalten werden muss, und man wird niemals genau festsetzen können, ob die Rückwärtsbewegung in allen Theilen der Axe vollkommen gleichmässig ausgeführt oder ob nicht der obere Theil stärker als der untere gedreht worden ist.

Aus diesen Gründen kann ich also nur sagen, dass das Blatt f^p

ungefähr über f^0 steht, es ist aber recht wohl denkbar, dass ich nicht mit f^p nach einem Spiralumlaufe die Superposition gewinne, sondern dass erst $f^{2p\pm1}$ nach 2 Cyklen, oder $f^{3p\pm1}$ nach 3 Cyklen über f^0 zu stehen kommt, wodurch der Ausdruck $\frac{n}{np\pm1}$ das wirkliche Blattstellungsverhältniss besser ausdrücken dürfte, als die bisher gewählten Divergenzbrüche*.

Die Constanz in den Divergenzbrüchen wird an ein und derselben Pflanze nach mehreren Richtungen hin durchbrochen. Schon oben bemerkte ich, dass die Blattstellung in der floralen Region von derjenigen des laubigen Stengels durchaus abweicht; aber auch am Grunde des letzteren selbst in der Niederblattregion mit den spreitenlosen Phyllomen sind Verschiedenheiten wahrnehmbar. Dort treten Anreihungen auf, welche sich der Distichie nähern, vielleicht auch eine Hinneigung zur Dorsiventralität nicht vermissen lassen. Endlich sind die Stellungen der Laubblätter selbst weit davon entfernt, auch nur an demselben Halme immer um den gleichen Betrag von einander abzuweichen, fasst man einen tieferen Stengelabschnitt ins Auge, so erhält man andere Quotienten der Disposition, als in einer höheren Sphäre.

Nehme ich die gemeinsamen Eigenthümlichkeiten zusammen, welche allen Exemplaren von *Costus* ausnahmslos zukommen, so sind diese folgende: erstens haben sämmtliche Blätter scheidige Basen; zweitens sind die Spreiten asymmetrisch, dabei liegen die grösseren Blattstücke alle auf der gleichen Seite, und zwar ist der kathodische Theil der geförderte; drittens hat die Einerzeile mit der gewundenen die gleiche Richtung, weil beide zusammenfallen.

Die Stellung der Blätter in *zwei* gewundenen Zeilen ist zwar immer noch ziemlich selten, findet sich aber doch schon in mehreren Familien. Besonders ausgeprägt tritt sie bei einzelnen jener Aloë-Arten hervor, welche die früheren Gattungen *Haworthia* und *Gasteria* zusammensetzen. Ich habe sie an den unter der Bezeichnung *Aloë plicata*, *Aloë conspurcata*, *A. maculata*, *A. pulchra*, *A. serra* im Königlichen Berliner botanischen Garten cultivierten Arten untersucht. Ausserdem ist sie bekannt an den Laubblättern von *Crinum*-Arten,

* Es ist eine bekannte, von SCHWENDENER zuerst gebührend hervorgehobene Thatsache, dass die von den Morphologen gewöhnlich als beobachtet angegebenen Blattstellungsverhältnisse, die durch kleinere Zahlen ausgedrückt werden, also auch z. B. die $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$. . . u. s. w. Stellungen nur annähernd die wahren Dispositionen bezeichnen. Nur in diesem Sinne fasse ich sie auf; wenn ich im folgenden von ihnen spreche, so accommodiere ich mich jener Ansicht nur deswegen, weil praktisch den Annäherungsstellungen immer eine gewisse Bedeutung zukommen wird.

sowie an denen von *Smilacina racemosa*, und wurde von mir bei der Palme *Chamaedorea Arenbergiana* gesehen. Wenn ich noch die von AL. BRAUN erwähnten beiden Arten von *Restio* hinzufüge, die in der Infloreszenz die Bracteen nach zwei gewundenen Zeilen gestellt haben, so ist die Zahl der Fälle, bei welchen sich diese Blattstellung gezeigt hat, ziemlich erschöpft.

Wenn wir das Blatt feststellen, welches einem als f^0 bezeichneten Blatte annähernd superponiert ist, und wenn wir die Zahl der Spiralumgänge ermitteln, welche nach dem kurzen Wege der Blattstellung nöthig ist, um jenes superponierte Blatt zu erreichen, so ergeben sich für die hier obwaltenden Stellungen die Divergenzen $\frac{4}{9}$, $\frac{5}{11}$, $\frac{6}{13}$, $\frac{7}{15}$; Brüche, welche durch höhere Zahlen gebildet werden, sind nicht bekannt geworden. Von diesen Dispositionen gilt übrigens auch das oben über die in einer gewundenen Zeile Gesagte; wenn auch im Ganzen die Stellungen annähernd der Art sind, dass man die beiden im Auge behaltenen Blätter als superponiert betrachten kann, so bleibt die Richtigkeit doch immer nur eine annähernde; ich wenigstens möchte eine Verantwortung dafür, dass ein genaues Zusammenfallen erreicht werde, nicht übernehmen.

Fassen wir wieder die gemeinsamen Züge der hier in Betracht kommenden Pflanzen zusammen, so ergiebt sich folgendes Resultat: erstens haben die Blätter stets scheidige Basen; zweitens sind die Spreiten immer, wenn auch zuweilen nur wenig, asymmetrisch und zwar liegen die grösseren Blatthälften immer auf derselben, jetzt aber der anodischen Seite; drittens verläuft die Einerzeile der Blätter stets in der zur Wendung der gewundenen Zeilen entgegengesetzten Richtung.

Was die Constanz der Divergenzen anbelangt, so ist dieselbe auch in diesen Stellungen keine durchgehende; diese Thatsache wird schon durch den Umstand verbürgt, dass die gewundenen Zeilen an gewissen Arten sicher erst später entstehen, während an der Keimpflanze und den Individuen in jugendlichem Alter die Blätter in zwei geraden Zeilen disponiert sind.

Bezüglich der Stellung in *drei* gewundenen Zeilen, so ist dieselbe von allen ähnlichen Dispositionen bei weitem am bekanntesten in der Gattung *Pandanus*. Die Steilheit der Windungen ist wiederum ausserordentlich verschieden und wechselt je nach dem Alter in derselben Art ungemein, so dass auch die Divergenzbrüche, welche die Stellung in der Einerzeile angeben, durchaus verschiedene Werthe in derselben Species darstellen. Mit der dicht gedrängten Anreihung der Blätter schleichen sich bei dem Abzählen leicht Irrthümer ein. Man kann dieselben vermeiden, wenn man durch den Mittelnerven eines

Blattes mit Hülfe eines Lothes eine Visierebene legt und darauf achtet, welches Blatt einer der beiden benachbarten gewundenen Zeilen in diese Ebene fällt. Trägt das festgehaltene erste Blatt die Ziffer f^0, so ist das benachbarte nächstniedere Blatt mit f^{-1} zu bezeichnen. Da der Stamm von drei Schrägzeilen umlaufen wird, so müssen die auf f^{-1} folgenden Blätter derselben Zeile mit f^2, f^5, f^8, f^{11} beziffert werden. Achtet man nun darauf, welches derselben zu f^0 in directer Superposition steht, so ist der Nenner des Divergenzbruches unmittelbar gefunden. Der Zähler wird aus folgender Betrachtung erhalten: In dem Blattsysteme von f^0—f^{17} befinden sich 18 Blätter; diese besitzen n Spiralumgänge, so dass auf jeden Spiralumgang 3 Blätter kommen, demgemäss ist

$$3 \cdot n = 18 \text{ d. h. } n = 6.$$

Mithin ist die Divergenz $\frac{6}{17}$.

Die auf solche Weise oder durch das Abzählen der Blätter auf der Einerzeile gewonnenen Quotienten erwiesen sich für *Pandanus* als folgende: an jährigen Keimpflanzen von *Pandanus utilis* erhielt ich die Divergenz $\frac{6}{17}$ oder $\frac{7}{20}$, an kräftigen, armsdicken Exemplaren ermittelte ich die Quotienten $\frac{11}{32}$ und $\frac{12}{35}$; sehr steil waren die Zeilen besonders an *P. lais*, bei dem ich einmal $\frac{19}{56}$ fand, während *Pandanus Veitchii*, *caricosus* und *gramineus* viel weniger steile Curven in den gewundenen Zeilen aufwiesen, die durch $\frac{8}{23}$ und $\frac{9}{26}$ ausgedrückt wurden, d. h. also schon das 8. bez. das 9. Blatt der Nebenzeile stand über dem ersten Blatt des Systems.

Auch bei *Pandanus* bietet nicht blos dieselbe Art in verschiedenen Exemplaren mannigfaltige Divergenzen, sondern selbst an demselben Individuum ist die Wandelbarkeit nicht vollkommen ausgeschlossen; diese Thatsache wird schon dadurch einleuchtend, dass die Keimpflanzen durchgehends Quotienten mit niedereren Ziffern zeigen, als die herangewachsenen Bäume.

Die Verbreitung der Blattstellung in drei gewundenen Zeilen ist eine viel grössere als die oben besprochene, in der nur 2 derselben vorkommen. Ich fand sie bei *Aloë purpurascens* und einigen anderen Arten, wo sie allerdings wegen der geringen Steilheit wenig auffallen und durch $\frac{3}{8}$ ausgedrückt werden müssen. Ich würde auch keinen Anstand nehmen, diese Stellung als zur Hauptreihe gehörig zu betrachten, wenn mir nicht die $\frac{4}{11}$ Stellung, welche sich nur in die Reihe der Dispositionen nach drei gewundenen Zeilen einfügt, bei anderen Arten begegnet wäre. Schon Al. Braun hat die *Aloë rigida* und *expansa* als mit dieser Stellung behaftet gemeldet.

Sehr häufig ist diese Disposition in der Familie der *Cyperaceen*. Hier bieten zunächst die Blattschöpfe vieler Arten in der Blüthen-

region die schönsten Beispiele in den verschiedensten Abwandlungen, wie z. B. *Cyperus papyrus*, *alternifolius*, *elegans* u. s. w. Aber auch die Blätter in der Laubregion sind nicht, wie man gewöhnlich annimmt, streng nach $\frac{1}{3}$ gestellt, sondern zeigen stets eine unverkennbare Anreihung nach dem in Rede stehenden Modus. Die Meinung*, dass sich die $\frac{1}{3}$ Stellung »meist schon durch einen dreikantigen Halm verräth«, trifft den Kernpunkt der Sache deshalb nicht, weil die Blätter durchaus nicht an dem Theile der Axe befestigt sind, welcher das erwähnte Querschnittsareal aufweist, sondern an der Grundaxe, die niemals dreikantig ist. Auch das »meist« charakterisiert schon die Unbeständigkeit des vermeintlichen Zusammenvorkommens, denn auch die *Cyperaceen* mit runden Stengeln haben ganz dieselbe oder eine ähnliche Blattstellung wie jene mit kantigen Axen. Blattstellungen, die den Quotienten $\frac{1}{3}$ rein zur Darstellung bringen, scheinen mit Ausnahme gewisser *Cactaceen*** überhaupt nicht vorzukommen, denn Al. Braun giebt selbst an, dass sie sich zwar bei *Colchicum autumnale*, *Veratrum album*, *Aloë variegata* und anderen Arten und *Luzula campestris*, aber doch »meist mit geringen Abweichungen« zeigen. Ausser an den erwähnten Pflanzen sah ich die Blattstellung in drei gewundenen Zeilen noch an allen Arten der Gattung *Crocus*, falls sie eine genügende Zahl von Laubblättern erzeugten, welche eine Festsetzung derselben erlaubte.

Allen Pflanzen, welche durch die besprochene Blattstellung gekennzeichnet sind, kommen wiederum folgende gemeinschaftliche Besonderheiten zu: erstens haben sämmtliche Blätter scheidige Basen; zweitens sind die Spreiten, wenn sie breit genug sind, um eine genaue Messung zu gestatten, asymmetrisch, dabei liegen die breiteren Blattstücke auf der kathodischen Seite und drittens fällt die Wendung der Einerzeile mit dem Schraubengang der gewundenen Zeilen zusammen.

Blattstellungen mit höheren Zeilenzahlen, die gewunden den Stamm umkreisen, hat Al. Braun noch weitere bekannt gemacht. So giebt er für fünf gewundene Zeilen die *Aloë spirella* an, während er für acht derselben nur noch das Moos *Bryum Schleicheri* nennt. Ich sah 8 gewundene Zeilen bei einem sehr kräftig entwickelten Exemplare von *Livistona chinensis*. Das sechste Blatt der Nebenzeile fiel dabei über f^0, so dass die Stellung $\frac{6}{49}$ resultierte.

Das höchste Maass von gewundenen Zeilen, das mir begegnete, wies *Aloë aristata* auf, bei der ich durch Feststellung der Parastichen

* Al. Braun, Tannenzapfen 272.

** Ich kann vorläufig ein Urtheil darüber, wie die Kanten der *Cactaceen* zu Stande kommen, nicht abgeben, da ich diesen Gegenstand noch nicht studiert habe. Ich möchte aus anderweitigen Gründen aber diese Pflanzen als das einzige Beispiel echter $\frac{1}{3}$ Stellung noch nicht unbedingt anerkennen.

die Stellung $\frac{2}{33}$ auffand. Hier waren 16 gewundene Zeilen, wenn auch wegen der ausserordentlich grossen Zahl der Blätter nicht leicht, aber doch erkenntlich nachzuweisen. Durch diese Thatsache wird meine oben ausgesprochene Meinung, dass mit 8 gewundenen Zeilen die Grenze dieser Stellungen nicht erreicht ist, bestätigt und ausserdem klar gestellt, dass auch Dispositionen vorkommen können, die sich nicht unmittelbar von der Hauptreihe ableiten lassen. Wäre diese Verbindung gegeben, so müssten 13 oder 21 Schrägzeilen vorliegen. Ich habe in meinen folgenden Untersuchungen die letzten Verhältnisse nicht weiter in Betracht gezogen, da sich die ersten drei Dispositionen als genügend erweisen werden, um eine tiefere Einsicht in das Wesen der Blattstellungen in gewundenen Zeilen überhaupt zu gewinnen.

Ich will, ehe ich die Beschreibung der Blattstellungen verlasse, um zu der Erklärung derselben überzugehen, noch einen Blick auf die denselben gemeinsamen Eigenthümlichkeiten werfen. Dabei fällt zunächst auf, dass eine besondere Gesetzmässigkeit zwischen dem Curvengange der Einerzeile mit dem Aufstiege der gewundenen Zeilen besteht. In der Disposition nach einer gewundenen Zeile treffen beide Richtungen zusammen, das Gleiche findet bei der mit 3 gewundenen Zeilen statt, während bei der mit zwei gewundenen Zeilen die Einerzeile in entgegengesetzter Richtung verläuft mit dem Gange der gewundenen Zeilen. Nach Al. Braun's Angabe ist dasselbe der Fall bei der Disposition in 5 gewundenen Zeilen. In einer Fussnote hat er allerdings angegeben, dass das letzte Verhältniss für *Aloë pentagona* nicht zutrifft, denn er beobachtete hier eine leise Drehung der Zeilen nach der zu dem Verlaufe der Einerzeile entgegengesetzten Richtung, trotzdem dass, wie schon aus dem Namen geschlossen werden kann, an der Pflanze 5 Zeilen entwickelt sind.

Wenn man sich in irgend einer Weise die erwähnten Stellungsverhältnisse auf dem Papiere versinnbildlicht, so wird man finden, dass für jede der mitgetheilten Divergenzreihen stets nur eine einzige Aufstellung der Blätter in gewundenen Zeilen möglich ist. In der Blattstellung nach einer gewundenen Zeile muss, wie erwähnt, die obengenannte Beziehung stattfinden, weil naturgemäss beide Linien zusammenfallen. Was die Stellungen in 2 gewundenen Zeilen anbetrifft, so können die von mir mitgetheilten unter den allgemeinen Ausdruck $\frac{p}{2p+1}$ subsummiert werden. Dieser Bruch bedeutet, dass auf dem ersten Umgange von den durch die Orthostichen erzeugten Schnittpunkten nur die besetzt werden sollen, welche von 0 um p und um $2p$ entfernt sind. Die Zahl der Schnittpunkte beträgt $2p+1$, folglich muss, nachdem die Blätter f^1 und f^2 ihren Platz angewiesen

erhalten haben, bei rechts aufsteigender Einerzeile rechts noch eine Orthostiche übrig bleiben. Diese macht den Beginn der Abmessung für f^3 aus, demgemäss ist die Entfernung, um welche f^3 von der Orthostiche durch f^0 entfernt ist, $p-1$, d. h. das erste Blatt der Zweierzeile liegt gegen das Blatt f^1 um eine Orthostiche nach links verschoben. Aus der gleichen Thatsache geht hervor, dass f^5 wieder gegen f^3 um eine Orthostiche nach links gerückt ist u. s. f., kurz, dass die erste linke Zweierzeile in der Richtung nach links aufsteigt. Was von dieser Zeile gilt, hat auch Geltung für die andere Zweierzeile, und da beide zugleich die gewundenen Zeilen darstellen, so erwächst die Erfahrung, dass die Richtung der Einerzeile und der gewundenen Zeilen gegenläufig ist.

Für die von mir mitgetheilten Divergenzen der Blattstellungen in drei gewundenen Zeilen kann ich den allgemeinen Ausdruck $\frac{p}{3p-1}$ einführen. Er besagt, dass dann, wenn ich auf dem ersten Cyklus in dem Durchschnittspunkte der Einerzeile mit den $3p-1$ Orthostichen die Blätter f^1 und f^2 in Abständen von je p Punkten abtrage, wiederum ein Rest von Punkten übrig bleibt, der gleich $3p-1-2p=p-1$ ist. Der Punkt für Blatt f^3 wird also von f^0 nur um eine Orthostiche, aber nach rechts auf der Linie des zweiten Cyklus entfernt sein. In gleicher Weise wird f^4 gegen f^1, f^5 gegen f^2, endlich f^6 gegen f^3 stets um eine Orthostiche nach rechts verschoben sein. Die Blätter f^0 f^3 f^6, ferner f^1 f^4 f^7 und endlich f^2 f^5 f^8 sind aber die drei gewundenen Zeilen; sie haben somit den gleichen Aufstieg wie die Einerzeile.

Der allgemeine Ausdruck für die unter dem dargestellten Gesichtspunkte möglichen Divergenzen, welche 5 gewundene Schrägzeilen erzeugen, ist $\frac{2p}{5p+1}$. Er besagt, dass nach der Festsetzung der Orte für die ersten fünf Blätter in gleichen Abständen von p auf 2 Cyklen noch ein Punkt auf dem zweiten Spiralumgange bis f^0 rechts übrig bleibt. Dieser beginnt die Abmessung von f^6, ausgedrückt durch p, und das Blatt ist zugleich der Anfang der ersten gewundenen Fünferzeile durch das Blatt f^1. Bei nach rechts verlaufender Einerzeile liegt also f^6 um 1 Orthostiche verschoben nach links, demgemäss müssen alle Fünferzeilen in linkem Aufstieg die Axe umkreisen, d. h. in umgekehrter Wendung zur Einerzeile.

In gleicher Weise wird für die gewundenen Achterzeilen gefunden, dass sie mit der Einerzeile gleichsinnig verlaufen, kurz das von Al. Braun schon festgesetzte Verhältniss zwischen beiden Curven ist ein durch die mathematischen Relationen bedingtes und unumstösslich

richtiges. Wenn nun derselbe Forscher für *Aloë pentagona* eine Abweichung fand, so ist diese nicht eine Ausnahme von dem gewonnenen Gesetze; die letztere beweist nur, dass neben den von ihm und mir beobachteten Divergenzen auch noch andere vorkommen, welche nicht in die mitgetheilten Reihen, deren allgemeine Ausdrücke durch $\frac{p}{2p+1}, \frac{p}{3p-1}, \frac{2p}{5p+1}, \frac{3p}{8p-1}, \frac{8p}{13p+1} \ldots$ dargestellt werden, fallen, sondern durch andere Brüche bestimmt werden. So werden z. B. die Richtungen der gewundenen Zeilen umgekehrt, wenn ich das Vorzeichen von 1 in den Nennern verändere. Bei den Divergenzen, welche durch die allgemeinen Ausdrücke $\frac{p}{2p-1}, \frac{p}{3p+1}, \frac{2p}{5p-1}, \frac{3p}{8p+1} \ldots\ldots$ dargestellt werden, laufen die gewundenen Zweier- und Fünferzeilen mit der Einerzeile gleichsinnig, während die gewundenen Dreier- und Achterzeilen gegensinnig zur letzteren den Stamm umkreisen. Dass dem so sein muss, lässt sich in der gleichen Weise, wie oben gezeigt wurde, begründen.

Welche Bedeutung die Asymmetrie der Blätter und die Lage der grösseren Stücke in Anspruch nimmt, werde ich später zu beleuchten haben, desgleichen wird uns die Besonderheit der scheidigen Basen weiter unten noch beschäftigen.

B. Die Erklärung der Blattstellung in gewundenen Zeilen.

Nachdem ich die Verhältnisse der Blattstellungen geschildert habe, welche bei den Monocotylen mit scheidigen Blättern beobachtet werden, will ich zu der Erklärung dieser Dispositionen übergehen. Bisher ist dieselbe nach zwei Richtungen hin gegeben worden: Al. Braun meinte, dieselben genügend erklärt zu haben, wenn er für sie in dem Rahmen seines Blattstellungssystems, das allgemein durch den bekannten Kettenbruch ausgedrückt wird, einen Platz gefunden hatte; Sachs dagegen suchte sie durch die Annahme einer Drehung d. h. einer Verschiebung der Blätter zu begründen. Die erstere ist eine formale Erklärung, welche uns über die Ursache vollkommen im Dunkeln lässt; die zweite ist eine reale, mechanische, die da meint, dass die Ursache für die Entstehung dieser besonderen Verhältnisse befriedigend aufgedeckt ist.

a. Die Erklärung von Al. Braun.

Ich werde vorläufig von der Besprechung der Sachs'schen Erklärung Abstand nehmen und mich nur mit der Braun'schen befassen. Es ist kaum, nach meinen früheren Bemerkungen über die Blatt-

stellungen, nöthig zu bemerken, dass ich auch in der vortrefflichsten Einordnung der Dispositionen in das Netzwerk jener Zahlengrössen, welche zwischen 0 und $\frac{1}{2}$ liegen, eine Erklärung nicht erkennen kann, indess glaube ich doch, dass ich bei dem hohen Interesse, welches dieses geistvolle Lehrgebäude erweckt hat, nicht ohne eine Besprechung der in dieses Gebiet einschlagenden Momente über die Angelegenheit hinweggehen kann. Eine Reihe von Stellungsverhältnissen ist ohne weiteres erledigt, nämlich die Distichien, sei es nun, dass wir die reitenden Blätter der *Iridaceen* und *Gramineen* in Betracht ziehen, sei es, dass wir die flachen Distichien der *Liliaceen* und *Amaryllidaceen* ins Auge fassen. Sie werden durch den Bruch $\frac{1}{2}$ in einfacher Weise charakterisiert und sind damit abgethan. Die etwa vorkommenden Abweichungen, welche durch eine dorsiventrale Disposition hervorgebracht werden, sind von Al. Braun nicht berücksichtigt worden und können, dem ganzen Wesen der Dorsiventralität nach, von der Spiraltheorie nur unter dem Gesichtswinkel congenitaler Verschiebungen betrachtet werden.

Bei weitem interessanter sind aber jene Stellungen, welche ich als Dispositionen in gewundenen Zeilen bezeichnet habe. Jedermann wird einsehen, dass diese Stellungen, wie alle mit äquidistanten Elementen (die Aequidistanz wird hier natürlich immer als vorhanden vorausgesetzt), durch einen bestimmten Bruch ausgedrückt werden können. Die glänzende Art und Weise, in der Al. Braun den Zusammenhang der Brüche mit denen, welche die Hauptreihe darstellen, nachgewiesen hat, ist ein beredtes Zeugniss dafür, wie tief der scharfsichtige Morphologe in die Erkenntniss dieses zahlentheoretischen Problems eingedrungen ist. Er zeigte, dass die Blattstellungen in gewundenen Zeilen »Abweichungen von einem gewissen Gliede der Hauptreihe und Annäherungen an das zweite ihm vorausgehende darstellen«. Die von ihm an *Pandanus* beobachteten Stellungen, welche immer gewunden dreizeilig waren, konnte er durch die Brüche $\frac{7}{20}$, $\frac{8}{23}$, $\frac{9}{26}$, $\frac{10}{29}$, $\frac{11}{32}$, $\frac{12}{35}$, $\frac{13}{38}$, $\frac{14}{41}$ ausdrücken. Für die gewunden zweizeiligen Dispositionen fand er die Werthe $\frac{4}{9}$, $\frac{5}{11}$, $\frac{6}{13}$, $\frac{7}{15}$; für die gewunden fünfzeiligen ermittelte er $\frac{5}{13}$, $\frac{7}{18}$, $\frac{9}{23}$, $\frac{11}{28}$ u. s. f. Er stellte für dieses Vorkommen die allgemeinen Ausdrücke fest, welche folgende Form hatten:

für die gewundenen Zweierzeilen $\frac{n}{2n+1}$

für die gewundenen Dreierzeilen $\frac{n+1}{3n+2}$

für die gewundenen Fünferzeilen $\frac{2n+1}{5n+3}$

für die gewundenen Achterzeilen $\frac{3n+2}{8n+5}$

Wird in diesen Ausdrücken $n = 1$, oder $n = 2$ gesetzt, so resultieren daraus die Verhältnisse der Hauptreihe, werden die folgenden Zahlen für n eingeführt, so erwachsen die oben mitgetheilten Brüche und endlich für $n = \infty$ erhalten wir den zunächst vorausgehenden Bruch der Hauptreihe.

Damit ist aber die Menge der denkbaren Blattstellungen nach gewundenen Zeilen nicht erschöpft, zunächst müssen für die bei *Costus* vorkommenden neue Relationen geschaffen werden, die von Al. Braun mit dem Namen der parallelen Seitenketten belegt wurden, sie sind die Anfangsglieder jener Reihen, für welche die Contaktzeilen durch die Zahlen

1, 3, 4, 7, 11
1, 4, 5, 9, 14
1, 5, 6, 11, 17 u. s. f.

wiedergegeben werden. Von allen möglichen Stellungen, die durch diese Zeilen geschaffen werden, kommen hauptsächlich für die Dispositionen in gewundenen Zeilen diejenigen noch in Betracht, welche durch den allgemeinen Quotienten

$$\frac{n}{pn+1} \text{ und } \frac{n}{pn-1}$$

ausgedrückt werden. Sie stellen Systeme mit so vielen gewundenen Zeilen dar, als die Zahl p bez. $p-1$ beträgt.

Wir werden uns nun zweckmässig die Fragen vorlegen, was für Linien sind denn diese gewundenen Zeilen und wodurch wird ihre so aussergewöhnliche Sinnfälligkeit bedingt? Die erste Frage ist sehr schnell beantwortet, die gewundenen Zeilen sind Parastichen des betreffenden Phyllomsystems; die zweite ist nicht so einfach zu erledigen. Man hat bis jetzt die Ursache der Sinnfälligkeit der Parastichen überhaupt noch nicht in Erwägung gezogen und sich noch nicht gefragt, woher kommt es, dass das Auge gezwungen wird, bei einer Zusammenlagerung bestimmter Objekte in einer ganz constanten, für alle Beschauer gültigen Weise über dieselben hinzugleiten?

Zunächst suchte ich festzustellen, ob in der That, wie ich voraussetzte, alle Menschen in gleicher Weise von der Sinnfälligkeit der Parastichen beeinflusst werden. Ich wählte mir eine Anzahl Personen aus, welche mit der Phyllotaxie durchaus nicht vertraut waren, und legte ihnen beliebige Punktsysteme vor, in denen ich ihnen die sinnfälligen Linien bezeichnete, um sie an diese Betrachtungsweise zu gewöhnen. Nachdem sie verstanden hatten, um was es sich handelte, fanden sie sämmtlich beim ersten Eindrucke die sinnfälligsten Linien in ähnlichen Systemen heraus, und zwar bezeichneten sie alle bei den Verbindungen dieselben Zeilen, wenn sich nicht zwei Para-

stichen in der Neigung die Wage hielten oder sich nur wenig im Neigungswinkel gegen die Horizontale unterschieden.

Nachdem ich die Beschauer in dem Auffinden dieser Linien so weit geübt hatte, dass ich die Ueberzeugung gewann, jegliche Beeinträchtigung der Resultate ist durch ihre Ungeschicklichkeit ausgeschlossen, legte ich ihnen bestimmte Stellungsverhältnisse vor, welche nach denselben Divergenzen construiert waren, die aber in der Steilheit der Spirale und nach einem anderen, sogleich zu besprechenden Gesichtspunkte Abwandlungen aufwiesen. Ich wählte, um eine grössere Reihe von Parastichen zu erzielen, das Blattstellungsverhältniss $\frac{21}{55}$ und construierte mir eine Tafel, in welcher dasselbe auf einer abgerollten Cylinderfläche eingetragen war. Der horizontale Divergenzabstand, den ich im Folgenden die Divergenzeinheit nennen will, betrug 5 mm. Der Curvenaufstieg wurde ausgedrückt durch $\frac{1}{55}$. Für diejenigen, welche mit dieser graphischen Methode, durch die man sich die Blattstellungsverhältnisse am besten und schnellsten klar machen kann, nicht vertraut sind, füge ich hinzu, dass man sich die Tafel leicht entwirft, indem man 56 senkrechte Linien aufzeichnet und diese durch ein System von Parallelen kreuzen lässt. Die letzteren verlaufen nicht horizontal, sondern sind gegen den Horizont um den Winkel geneigt, welcher durch die Steigung von 1:55 ausgedrückt wird. Die Linie, welche zu äusserst links liegt, erhält die Ziffer 0, diejenige, welche das System rechts begrenzt, muss durch dieselbe bezeichnet werden, weil in ihr die Cylinderfläche aufgeschnitten gedacht wird. Nun werden auf dem Systeme von schrägen Parallelen die Insertionspunkte der Blätter nach dem Abzählen von immer 21 Divergenzeinheiten eingetragen, d. h. nach $\frac{21}{55}$ folgt stets das nächste Blatt. Man hat darauf Rücksicht zu nehmen, dass die 0 Linie gespalten gedacht werden muss und dass sie beim Abzählen nur auf der einen Seite zu berücksichtigen, auf der anderen aber zu überspringen ist.

Nachdem ich das System in zwei Wiederholungen, also bis zum 110. Blatte aufgezeichnet, die Ziffern der Punkte eingetragen und zur besseren Sichtbarkeit die Insertionspunkte mit rothen Ringen von 3—4 mm Durchmesser umzogen hatte, nahm ich die Hülfslinien für die Construction weg und legte die Tafel vor.

Auf ihr wurden allgemein die Zeilen als die sinnfälligsten erkannt, welche durch die Zahlen 0, 8, 16, 24, 1, 9, 17, 25, 2, 10, 18 u. s. f. bestimmt wurden, d. h. die Achterzeilen; als zweite, d. h. als diejenigen, welche mir genannt wurden, wenn ich fragte, ob noch eine Linie besonders hervorträte, bezeichnete man mir nach einiger Betrachtung die Zeilen 5, 10, 15, also die Fünferzeilen.

Auch von mir war nach der Construction die gleiche Beobachtung gemacht worden.

Ich stellte mir nun eine zweite Tafel dar, welche ganz dieselbe Disposition wiedergab, mit dem einzigen Unterschiede, dass ich die Spirale flacher verlaufen liess, die Neigung betrug jetzt $\frac{1}{110}$: Die horizontalen Abstände, d. h. die Divergenzeinheiten behielten denselben Werth bei, ihre Entfernung betrug 5 mm, die senkrechten Entfernungen dagegen der Spiralumgänge waren auf die Hälfte reduciert. Bei einer Prüfung durch die botanisch nicht geschulten Personen wurde als die sinnfälligste Zeile die Dreizehner- und in zweiter Linie die Achterzeile namhaft gemacht.

Ich liess die Spirale noch sanfter aufsteigen und die Windungen noch enger zusammentreten, so dass das Maass der Aufsteigung $\frac{1}{275}$ betrug. Bei demselben horizontalen Abstand der Orthostichen oder denselben Divergenzeinheiten traten nun die Einundzwanzigerzeile am klarsten, und die Dreizehner- und Vierunddreissigerzeile in zweiter Linie in ziemlich gleicher Schärfe hervor.

Das Resultat, das durch die Betrachtung meiner Tableaux gewonnen worden war, konnte leicht verändert werden. Wenn ich nämlich die rothen Ringe mit gleichlangen dicken schwarzen Strichen, die unterhalb jener gezeichnet wurden, versah, so wurden schleunigst andere Parastichen als die sinnfälligsten benannt, so zwar, dass ich an dem ersten Tableau, bei dem die Fünfer- und Achterzeilen als die deutlichsten genannt wurden, durch einen Strich, der jederseits 5 Divergenzeinheiten von $\frac{1}{55}$ umfasste, das Augenmerk auf die Dreier- und Fünferzeile lenkte, während bei einem Strich von jederseits 3 Divergenzeinheiten wieder die Fünfer- und Achterzeilen hervorsprangen.

Bei dem zweiten Tableau mit den deutlichen Achter- und Dreizehnerzeilen wurden zwar auch noch die Dreizehnerzeilen gut erkannt, sie waren aber minder deutlich als die Fünfer- und Achterzeilen und in dem letzten, das mit grosser Schärfe die Einundzwanzigerzeile zur äussersten Sinnfälligkeit brachte, denen in fast gleichem Maasse die Dreizehner- und Vierunddreissigerzeilen folgten, genügte ein Unterstreichen von jederseits 2 Divergenzeinheiten, um die Achter- und Dreizehnerzeilen zur Sichtbarkeit zu bringen. Ein Hervorheben durch einen Strich, der jederseits eine Einheit umfasste, brachte das Ergebniss, dass die Vierunddreissigerzeile völlig ausser Akt gesetzt wurde und dass nur die Einundzwanziger- und Dreizehnerzeilen hervortraten. Noch auffälliger werden die Zeilen, wenn man nicht das ganze System mit den Verstärkungsstrichen versieht, sondern nur etwa 2 Parallelzeilen; man kann dann das Auge zwingen, an jeder der vorhandenen Parastichen entlang zu laufen.

Aus diesen Erfahrungen erwächst das folgende Resultat: die Sinnfälligkeit der Parastichen ist abhängig von drei Variablen, nämlich

I. von dem Maasse der horizontalen Abweichung,

II. von dem Maasse der vertikalen Entfernung,

III. von der Grösse der Insertionsbögen bez. der Ueberschichtung der Blätter.

Ferner ergiebt sich aus den Beobachtungen die Thatsache, dass die sinnfälligen Parastichen stets dargestellt werden durch die nächsten Contaktzeilen; weil aber die dem Blatte f^1 zunächst gelegenen Blätter sich ändern, wenn ich das System ausziehe, d. h. die Neigung des Curvenganges steiler nehme, oder dasselbe verkürze, d. h. die Spirale sanfter aufsteigen lasse, so müssen sich die sinnfälligsten Parastichen mit diesen Abwandlungen in demselben Systeme ebenfalls ändern. Ich verzichte vorläufig, aus dieser sehr wichtigen Thatsache eine Nutzanwendung auf die Bestimmung der Blattstellungen mit Hülfe der höchstzähligen Parastichen zu ziehen, da ich mich nicht zu weit von meiner Frage entfernen will; ich komme aber später bei der Bestimmung der Divergenzen nach Braun's Methode auf diese Angelegenheit nochmals zu sprechen.

Bei den Blattstellungen in gewundenen Zeilen kommt nun noch ein Faktor hinzu, der ausserordentlich die Sinnfälligkeit der Parastichen erhöht. Entwerfen wir uns wiederum eine Tafel, auf welcher ein solches Verhältniss dargestellt ist, also z. B. die Disposition, welche durch den Bruch $\frac{7}{18}$ ausgedrückt wird und die in den allgemeinen Ausdruck

$$\frac{2n+1}{5n+3}$$

Al. Braun's fällt; man erhält die Stellung, indem für n der Werth 3 eingesetzt wird. Sie ist bezüglich ihrer Parastichen dadurch ausgezeichnet, dass deren 5, also die Gesammtheit der Fünferzeilen, welche die Blätter f^1 f^6 f^{11}, f^2 f^7 f^{12} etc. verbinden, die sinnfälligsten sind. Dies rührt daher, dass für f^1 das Blatt f^6 nicht blos in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung den geringsten Abstand hat.

Bei rechts aufsteigendem Curvenumgange (gleich dem Laufe des Uhrzeigers) erheben sich diese Fünferzeilen links. Alle diejenigen Blattstellungsverhältnisse, welche gewonnen werden, wenn für n weitere Zahlenwerthe in den obigen Ausdruck eingesetzt werden, bieten nun die Fünferzeile auf derselben Seite, doch rückt f^6 näher an f^1 heran und die Zeile wird steiler. Deswegen nimmt für denselben Curvenaufstieg, bei gleich bleibendem Vertikalabstand, die Sinnfälligkeit zu, d. h. die gewundenen Zeilen treten noch schroffer hervor. Zwischen ihr und der Orthostiche durch f^1 schaltet sich nun, mögen die absoluten Zahlengrössen des Divergenzbruches noch so hoch

werden, niemals ein anderes Blatt ein. Fassen wir z. B. die nächste Relation $\frac{9}{23}$ ins Auge, so liegen rechts von der Orthostiche, zwischen und der Achterzeile, als der zur Fünferzeile nächst höheren und nächst gelegenen, auf der rechten Seite noch die Dreizehner- und Achtzehnerzeile und fordern das Auge zum Verfolgen auf. Links dagegen treten alle Blätter in den Verlauf der Fünferzeile und zwischen ihr und der Orthostiche befinden sich keine weiteren Phyllome.

Die Methode Al. Braun's, die Divergenzbrüche nach dem kurzen Wege zu ermitteln, besteht bekanntlich darin, dass das an die Orthostiche am nächsten kommenden Parastichenpaar bestimmt und dass die Anzahl der Zeilen in dem Blattsysteme festgesetzt wird. Die kleinere Zahl liefert alsdann den Zähler, die Summe beider den Nenner des Divergenzbruches. Aus dem Umstande, dass in allen denjenigen Stellungen, welche aus dem Ausdrucke $\frac{2n+1}{5n+3}$ erhalten werden, auf der einen Seite die gleiche Parastiche stets bei der Orthostiche verharrt und also auf dieser Seite (in unserem Beispiele links) die steilste bleibt, geht hervor, dass für diese Fälle die Braun'sche Methode zur Bestimmung nicht in Anwendung kommen darf. Ich habe empirisch für die Reihe der Blattstellungen, welche als Abweichungen von der Hauptkette und Annäherungen an einen zweiten Bruch derselben aufgefasst werden, die höchsten Parastichen ermittelt und die Differenzen aufgezeichnet, welche sich gegen die Braun'sche Bestimmungsmethode ergeben:

Allgemeiner Ausdruck		Wirklicher Divergenzbr.	Höchste Parastichen	Berechneter Divergenzbr.	Differenz
$\frac{n+0}{2n+1}$	$n = 1$	$\frac{1}{3}$	2er u. 1er	$\frac{1}{3}$	0
	$n = 2$	$\frac{2}{5}$	2er u. 3er	$\frac{2}{5}$	0
	$n = 3$	$\frac{3}{7}$	2er u. 5er	$\frac{2}{7}$	1
	$n = 4$	$\frac{4}{9}$	2er u. 7er	$\frac{2}{9}$	2
	$n = 5$	$\frac{5}{11}$	2er u. 9er	$\frac{2}{11}$	3
$\frac{n+1}{3n+2}$	$n = 1$	$\frac{2}{5}$	3er u. 2er	$\frac{2}{5}$	0
	$n = 2$	$\frac{3}{8}$	3er u. 5er	$\frac{3}{8}$	0
	$n = 3$	$\frac{4}{11}$	3er u. 8er	$\frac{3}{11}$	1
	$n = 4$	$\frac{5}{14}$	3er u. 11er	$\frac{3}{14}$	2
	$n = 5$	$\frac{6}{17}$	3er u. 14er	$\frac{3}{17}$	3
$\frac{2n+1}{5n+3}$	$n = 1$	$\frac{3}{8}$	5er u. 3er	$\frac{3}{8}$	0
	$n = 2$	$\frac{5}{13}$	5er u. 8er	$\frac{5}{13}$	0
	$n = 3$	$\frac{7}{18}$	5er u. 13er	$\frac{5}{18}$	2
	$n = 4$	$\frac{9}{23}$	5er u. 18er	$\frac{5}{23}$	4
	$n = 5$	$\frac{11}{28}$	5er u. 23er	$\frac{5}{28}$	6

Allgemeiner Ausdruck		Wirklicher Divergenzbr.	Höchste Parastichen	Berechneter Divergenzbr.	Differenz
$\frac{3n+2}{8n+5}$	$n=1$	$\frac{5}{13}$	8er u. 5er	$\frac{5}{13}$	0
	$n=2$	$\frac{8}{21}$	8er u. 13er	$\frac{8}{21}$	0
	$n=3$	$\frac{11}{29}$	8er u. 21er	$\frac{8}{29}$	3
	$n=4$	$\frac{14}{37}$	8er u. 29er	$\frac{8}{37}$	6
	$n=5$	$\frac{17}{45}$	8er u. 37er	$\frac{8}{45}$	9
$\frac{5n+3}{13n+8}$	$n=1$	$\frac{8}{21}$	13er u. 8er	$\frac{8}{21}$	0
	$n=2$	$\frac{13}{34}$	13er u. 21er	$\frac{13}{34}$	0
	$n=3$	$\frac{18}{47}$	13er u. 34er	$\frac{13}{47}$	5
	$n=4$	$\frac{23}{60}$	13er u. 47er	$\frac{13}{60}$	10
	$n=5$	$\frac{28}{73}$	13er u. 60er	$\frac{13}{73}$	15
$\frac{8n+5}{21n+13}$	$n=1$	$\frac{13}{34}$	21er u. 13er	$\frac{13}{34}$	0
	$n=2$	$\frac{21}{55}$	21er u. 34er	$\frac{21}{55}$	0
	$n=3$	$\frac{29}{76}$	21er u. 55er	$\frac{21}{76}$	8
	$n=4$	$\frac{37}{97}$	21er u. 76er	$\frac{21}{97}$	16
	$n=5$	$\frac{45}{118}$	21er u. 97er	$\frac{21}{118}$	24

Aus den bis hierher fortgeführten Beispielen wird das Gesetz der Divergenzunterschiede im Zähler klar, sie laufen fort nach den Coordinationszahlen der Hauptreihe und sind aufsteigende Multipla derselben; nur die ersten beiden Verhältnisse zeigen für jede Reihe, da sie selbst in die Hauptreihe fallen, keine Differenz.

Ich habe schon oben gesagt, dass noch andere Blattstellungsverhältnisse in gewundenen Zeilen existieren, unter anderen bieten diejenigen, welche in dem allgemeinen Ausdruck

$$\frac{n}{pn+1}$$

enthalten sind, gleichfalls dieselben auffallenden Parastichen. Bei ihnen ist die Braun'sche Blattstellungsbestimmung ebenfalls nicht immer anwendbar; so erhält man für $\frac{n}{3n+1}$, $\frac{n}{4n+1}$, $\frac{n}{5n+1}$, folgende Differenzen für den Zähler:

Allgemeiner Ausdruck		Wirklicher Divergenzbr.	Höchste Parastichen	Berechneter Divergenzbr.	Differenz
$\frac{n}{3n+1}$	$n=1$	$\frac{1}{4}$	3er u. 1er	$\frac{1}{4}$	0 (−2)
	$n=2$	$\frac{2}{7}$	3er u. 4er	$\frac{3}{7}$	−1
	$n=3$	$\frac{3}{10}$	3er u. 7er	$\frac{3}{10}$	0
	$n=4$	$\frac{4}{13}$	3er u. 10er	$\frac{3}{13}$	1
	$n=5$	$\frac{5}{16}$	3er u. 13er	$\frac{3}{16}$	2

Allgemeiner Ausdruck		Wirklicher Divergenzbr.	Höchste Parastichen	Berechneter Divergenzbr.	Differenz
$\frac{n}{4n+1}$	$n=1$	$\frac{1}{5}$	4er u. 1er	$\frac{1}{5}$	0 (—3)
	$n=2$	$\frac{2}{9}$	4er u. 5er	$\frac{4}{9}$	— 2
	$n=3$	$\frac{3}{13}$	4er u. 9er	$\frac{4}{13}$	— 1
	$n=4$	$\frac{4}{17}$	4er u. 13er	$\frac{4}{17}$	0
	$n=5$	$\frac{5}{21}$	4er u. 17er	$\frac{4}{21}$	1
$\frac{n}{5n+1}$	$n=1$	$\frac{1}{6}$	5er u. 1er	$\frac{1}{6}$	0 (—4)
	$n=2$	$\frac{2}{11}$	5er u. 6er	$\frac{5}{11}$	— 3
	$n=3$	$\frac{3}{16}$	5er u. 11er	$\frac{5}{16}$	— 2
	$n=4$	$\frac{4}{21}$	5er u. 16er	$\frac{5}{21}$	— 1
	$n=5$	$\frac{5}{26}$	5er u. 21er	$\frac{5}{26}$	0
	$n=6$	$\frac{6}{31}$	5er u. 26er	$\frac{5}{31}$	1

Ich will die Discordanz zwischen den reellen Divergenzbrüchen und den aus den steilsten Parastichenzahlen berechneten nicht weiter verfolgen, da ich befürchte, dass man schon diesen Beispielen eine actuelle Bedeutung aberkennen könnte. Sie werden aber vielleicht eine erhöhte Beachtung gewinnen, wenn ich mittheile, dass sich Al. Braun bei der Festsetzung einiger solcher Werthe wohl geirrt haben dürfte. So giebt er* unter andern von einigen Aehren der *Plantago media* an, dass sie $\frac{8}{19}$ Stellung, von anderen, dass sie $\frac{13}{31}$ Stellung gezeigt hätten, die letztere erwähnt er auch von einem männlichen Kätzchen der *Corylus tubulosa.* Die Möglichkeit, dass er diese Bestimmungen getroffen, indem er die Orthostiche durch eine Blüthe f^0 bestimmt und die Zahl der zwischen ihr und der superponierten f^p befindlichen Blüthen abgezählt habe, ist völlig ausgeschlossen, er muss also aus der Zahl der höchsten Parastichen die Dispositionen ermittelt haben. Diese können aber unmöglich richtig sein, da die Parastichen für die $\frac{8}{19}$ Stellung die Siebener- und Zwölferzeile, und für die $\frac{13}{31}$ Stellung die Neunzehner- und Zwölferzeile sind. Wenn Al. Braun im ersten Falle die Achter- und Elferzeile als die höchsten Parastichen fand, so resultierte daraus die $\frac{7}{19}$ Stellung und nicht die $\frac{8}{19}$, wenn er im letzteren die Dreizehner- und Achtzehnerzeile ermittelte, so lag die $\frac{12}{31}$ und nicht die $\frac{13}{31}$ Stellung vor, wie man sich durch eine graphische Skizze leicht überzeugen wird.

Die Verhältnisse, welche in der Hauptreihe liegen, geben niemals Differenzen, ebenso giebt es einige Nebenreihen, deren Divergenz-

* Braun, Tannenzapfen 314.

brüche fehlerlos durch die Aufsuchung der höchsten Parastichen bestimmt werden. Nach graphischer Methode ist es nicht schwer, den Nenner zu bestimmen. Um diesen handelt es sich aber nur, da in allen Fällen der Zähler, wie ich sogleich nachweisen werde, gleich der Summe der steilsten Schrägzeilenindicatoren ist.

In dem Wesen der höchsten Parastichen liegt es, dass die Blätter, mit welchen dieselben von f^0 an gerechnet einsetzen, in den beiden Senkrechten liegen müssen, die von der Orthostiche durch f^0 nur um eine Divergenzeinheit entfernt sind. Ich werde also die Lage der beiden Blätter dadurch festsetzen können, dass ich sie mit so vielen Höheneinheiten auf diesen 2 Senkrechten eintrage, als die Ziffern der Blätter angeben. Zur Aufstellung der Blattstellungstafel kann ich die Höheneinheit beliebig gross nehmen: ich habe sie dem Masse der Divergenzeinheit in mm ausgedrückt gleich gesetzt. Neben diesen Punkten ist mir ausser dem 0 Punkte noch ein dritter bekannt, und zwar das Blatt, dessen Zeiger gleich der Summe der Zeiger der beiden höchsten Parastichenblätter ist. Er liegt in der Orthostiche f^0 und wird mit der betreffenden Grösse auf dieser abgetragen.

Indem ich nun die Punkte f^m und f^n (die beiden höchsten Parastichenblätter) mit f^{m+n}, f^0 und unter sich verbinde, erhalte ich ein System von Parastichen, nämlich 2 parallele, die durch f^m und f^n bezeichnet werden, und die, welche mit dem Zeiger f^{m-n} belegt werden muss. Auf diesen kann ich nun durch Abtragen der bezüglichen Entfernungen weitere Blattlagen ermitteln und durch die Verbindungen der gewonnenen Punkte unter sich komme ich leicht dahin, eine Parastiche zu gewinnen, in der das Blatt f^1 liegt. Die Entfernung des Blattes f^1 von der Orthostiche durch f^0, in Divergenzeinheiten gemessen, giebt den Zähler des Bruches. Ist derselbe grösser als der halbe Nenner, so drückt der Bruch die Blattstellung nach dem langen Wege aus; die Divergenz nach dem kurzen Wege wird leicht gewonnen, wenn die Differenz zwischen Nenner und Zähler berechnet und diese Zahl in den Zähler eingesetzt wird.

Als Beispiel diene die Ermittelung der Divergenz für die Stellung, in der die Dreier- und Achterzeile die höchsten Parastichen sind. Ich ziehe mir zunächst eine horizontale Linie und errichte in ihr eine Senkrechte, deren Fusspunkt mit f^0 bezeichnet wird. Mit ihr parallel ziehe ich in der Entfernung einer Divergenzeinheit = 1 cm rechts und links eine Parallele. Darauf trage ich auf der einen von beiden 3, auf der andern 8 Höheneinheiten ab, und da diese gleich 3 bez. 8 Divergenzeinheiten sind, so liegt f^3 3, und f^8 8 cm über den Fusspunkten der Parallelen. Dann bezeichne ich auf der Orthostiche

durch f^0 den Punkt f^{3+8} und verbinde f^3 und f^8 mit f^{11} und f^0. Auf der Linie von f^8 bis f^{11} liegen in der Verlängerung die Punkte f^5 und f^2 in gleichen Entfernungen von einander. Habe ich nun f^2 gefunden, so verbinde ich diesen Punkt mit f^3 und erhalte die Einerzeile, auf der in der Entfernung von f^2 bis f^3 der Punkt f^1 liegt. Die Höhe dieses Punktes ist gleich der Höheneinheit, bez. der Divergenzeinheit = 1 cm. Messe ich nun die Länge der Senkrechten von f^1 auf die Orthostiche durch f^0, so habe ich den Nenner gefunden. Im vorliegenden Falle ist er = 7, daher ist die Divergenz $\frac{7}{11}$ oder nach dem kurzen Wege = $\frac{4}{11}$. Nach der Braun'schen Methode aus den höchsten Parastichenzahlen bestimmt, würde man $\frac{3}{11}$ erhalten.

Gegeben sei ein Blattsystem, in dem die Blätter, welche die steilsten Schrägzeilen durch f^0 beginnen, p und q seien; jenes liege auf dem r^{ten}, dieses auf dem s^{ten} Umgange des ersten Cyklusses. Das Blatt z falle sodann mit f^0 in eine Geradzeile und zwar liege dasselbe auf dem t^{ten} Umlaufe des Cyklus, dann ist $\frac{t}{z}$ der Divergenzbruch des gegebenen Systems. In diesem Systeme können dann z Geradzeilen gezogen werden, wenn durch jedes der vorhandenen Blätter eine solche gelegt werden soll. Die Divergenzeinheit, d. h. der Abstand zweier Geradzeilen von einander beträgt dann $\frac{1}{z}$. Die Lage des Blattes p kann nun durch folgende Betrachtung bestimmt werden: z Blätter resp. Blattabstände entsprechen t Reihen, daher ist ein Blattabstand = $\frac{t}{z}$. Zwischen dem Blatte o und p liegen p Blattabstände, daher wird die Lage von p ausgedrückt durch $\frac{pt}{z}$, die von q durch $\frac{qt}{z}$.

In dem Wesen der steilsten Schrägzeilen eines Systems liegt es, wie ich oben schon gesagt habe, dass zwischen der Geradzeile, die durch das Anfangsblatt geht und der durch o kein weiteres Blatt eingeschaltet sein kann, denn sonst wäre nicht jenes, sondern das zweite Blatt der Beginn der steilsten Schrägzeile. Hieraus geht hervor, dass p und q nur um eine Divergenzeinheit = $\frac{1}{z}$ von der Geradzeile durch f^0 abstehen können. Aus dieser Erfahrung kann ich die Lage von p und q noch durch einen anderen Ausdruck festsetzen: Um von o bis p zu gelangen, muss ich r Umgänge $\pm \frac{1}{z}$ zurücklegen, denn p kann entweder von links gerechnet vor oder hinter der Geradzeile durch o und z liegen. Bei jedem Umgange passiere ich z Divergenzeinheiten, folglich erhalte ich für die Lage von p den

zweiten Ausdruck $\frac{r \cdot z \cdot 1}{z} \pm \frac{1}{z} = r \pm \frac{1}{z}$. Dieser Werth wird mit dem ersten gleich gesetzt:

$$\frac{pt}{z} = r \mp \frac{1}{z}.$$

Auf dieselbe Weise erhalte ich für q

$$\frac{qt}{z} = s \mp \frac{1}{z}$$

Addiere ich die beiden Gleichungen, so erhalte ich

$$\frac{pt}{z} + \frac{qt}{z} = r \pm \frac{1}{z} + s \mp \frac{1}{z}$$

oder

$$\frac{t}{z}(p+q) = r + s,$$

d. h.

$$\frac{t}{z} = \frac{r+s}{p+q}$$

Unmittelbar kann nun t nicht $= r+s$ und $z = p+q$ gesetzt werden, denn Zähler und Nenner können noch den Factor m gemeinsam haben. Dann ist

$$mt = r+s$$
$$mz = p+q.$$

Zunächst ist also das m zu bestimmen.

Durch die Punkte p und q gehen noch zwei andere Schrägzeilen, nämlich die Parallelen zu den beiden steilsten, also durch p die q Zeile und durch q die p Zeile. Diese schneiden sich in z; daher muss dieser Punkt, sowohl der p, als der q Zeile in seiner Ziffer genügen, z ist also $= p+q$. Aus dieser Gleichung ergiebt sich, dass

$$m = 1 \quad \text{ist.}$$

Wir gewinnen somit das Resultat, dass der Divergenzbruch eines Systems gleich ist der Summe der Umlaufsindicatoren dividiert durch die Summe der Blattzeiger der steilsten Schrägzeilen.

Wenn p und q gegeben sind, so sind uns aber r und s noch nicht bekannt. Diese sind auf folgendem Wege zu ermitteln: Wird der Werth für $\frac{t}{z}$ in eine der obigen Gleichungen eingesetzt, so ergiebt sich

$$\frac{p\,(r+s)}{p+q} = r \pm \frac{1}{p+q}$$

oder

$$p\,(r+s) = rp + rq \pm 1$$

d. h.

$$pr + ps = rp + rq \pm 1$$
$$ps = rq \pm 1$$

Diese Gleichung ist deswegen, weil r und s stets ganze Zahlen sein müssen, durch Probieren leicht zu lösen. Gegeben seien z. B. $p = 3$, $q = 5$, so ist

$$3\,s = 5\,r \pm 1$$

$s = \frac{5\,r \pm 1}{3}$ für $r = 1$ erhalte ich unter der Voraussetzung, dass ich 1 mit dem positiven Vorzeichen wähle, eine ganze Zahl $s = 2$, d. h. den Divergenzbruch

$$\frac{r+s}{p+q} = \frac{1+2}{3+5} = \tfrac{3}{8}.$$

Wird das negative Vorzeichen genommen, so resultiert keine ganze Zahl. Nun kann ich aber auch $r = 4$ setzen, dann ergiebt der Quotient für positives 1 $s = 7$, ich erhalte dann den Divergenzbruch $\frac{11}{8}$. Daraus geht hervor, dass von den mannigfachen Werthen für r und s nur die kleinsten genommen werden dürfen.

Die Gleichung kann für den Fall, dass 1 positiv ist, allgemein gelöst werden. Sie ist eine diophantische und $\frac{s}{r}$ kann als der vorletzte Näherungswerth einer Kettenbruchentwicklung von $\frac{q}{p}$ aufgefasst werden. Das Vorzeichen von 1 ist aber abhängig von der Lage des p rechts oder links von der Geradzeile durch o und $p+q$. Da ich nun die Lage der beiden Punkte beliebig wählen kann, so sind die kleinsten Werthe von r und s immer bestimmbar. Ich wähle als Beispiel $p = 5$ und $q = 8$, dann wäre $\frac{8}{5}$ in einen Kettenbruch zu verwandeln

$$\frac{q}{p} = \frac{8}{5} = 1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \frac{1}{2}}}$$

Näherungswerthe sind 1, 2, $\frac{3}{2}$, $\frac{8}{5}$, der vorletzte ist $\frac{3}{2}$, daher ist $s = 3$ und $r = 2$ und der Divergenzbruch $\frac{5}{13}$.

Oder es sei $p = 4$, $q = 5$, dann ist

$\frac{q}{p} = \frac{5}{4} = 1 + \frac{1}{4}$, der vorletzte Näherungswerth ist $\frac{1}{1}$, $s = 1$, $r = 1$ und der Divergenzbruch $\frac{2}{9}$.

Vergleichen wir nun mit diesem Resultat die Braun'sche Methode, aus den steilsten Schrägzeilen die Divergenz zu ermitteln, so springt der Fehler, mit dem sie behaftet ist, bei dem letzten Beispiele sogleich in die Augen. Nach ihr müsste dieselbe $\frac{4}{9}$ sein; sein Verfahren liefert also nur dann richtige Resultate, wenn $r + s = p$ ist; dies trifft zwar für die Hauptreihe zu, bei vielen anderen aber hat diese Relation nicht statt und seine Berechnung der Divergenzen ist dann falsch.

Ausser den bis jetzt besprochenen Verhältnissen können aber noch auf andere Weise Dispositionen in gewundenen Zeilen entstehen.

Denkt man sich nämlich die Blätter zuerst in einer Anzahl von Orthostichen und den Stengel dann an dem einen Ende fest, während er an dem anderen gedreht wird, so werden die Elemente der Geradzeilen auseinanderfächern und in so vielen Schraubenlinien angeordnet erscheinen, wie früher Geradzeilen waren. Wenn die Drehung so geschieht, dass die Divergenzen von Blatt zu Blatt gleich werden, so resultieren die oben von Al. Braun angegebenen Annäherungswerthe; wenn aber die ursprünglichen Divergenzen zwischen je drei Blättern bei der Drehung gleich bleiben, so erwachsen Stellungen mit rhythmisch wechselnden Divergenzen. Denkt man sich also z. B. ursprünglich 3 Orthostichen an der Axe, d. h. divergieren die Geradzeilen der Blätter um 120°, so wird durch eine Drehung dergestalt, dass nun in den Raum zwischen einem übereinanderstehenden Blätterpaare 3 schräg gestellte Blätter eingeschaltet sind und dass die Divergenzen alle gleich sind, aus der $\frac{1}{3}$ Stellung die $\frac{4}{11}$ Stellung, bei 4 wird daraus die $\frac{5}{14}$, bei 5 die $\frac{6}{17}$, bei 6 die $\frac{7}{20}$ u. s. f., wir erhalten die Brüche, welche in dem Ausdruck $\frac{n+1}{3n+2}$ enthalten sind. Bleiben die Divergenzen aber unter den Blättern eines Dreiercyklusses immer gleich und rückt der nächste Cyklus um $\frac{1}{4}$ der Divergenz zwischen zwei Orthostichen = 30° von dem feststehenden weg, so kann dieses Verhältniss wegen der variablen Divergenzen nicht durch einen einfachen Bruch wiedergegeben werden. Al. Braun hat dafür die Bezeichnung $\frac{1}{4}$ ($\frac{1}{3}$) vorgeschlagen.

Eine Bestimmung darüber, welches von beiden Verhältnissen vorliegt, ist bei der Kleinheit des Divergenzunterschiedes durch das Augenmass nicht möglich, denn die geringsten Einschaltungen, welche bei *Pandanus* mit sehr grossen Blättern und dicken Axen vorkommen, betragen 6 und der Divergenzsprung würde dann von Cyklus zu Cyklus 20° ausmachen. Einen Winkel von 120° von einem solchen, der 140° beträgt, zu unterscheiden, kann ohne Messungen kaum geschehen. Wohl aber ist eine Entscheidung dadurch möglich, dass das Blatt, welches mit f^0 in einer Parastiche steht, abgezählt wird. Bei der $\frac{6}{17}$ Stellung nämlich, wo das 7. Blatt der gewundenen Zeile über f^1 steht, ist dasselbe nach der Einerzeile das 18. Blatt, während bei denjenigen Dispositionen, wo die Divergenzen nach 2 Blättern sprungweise zunehmen, das Blatt f^{18} über f^2 zu liegen kommt.

b. Die Erklärung von Sachs.

Die Erklärung, die Alex. Braun von den Blattstellungen in gewundenen Zeilen gegeben hat, gipfelt in zwei Punkten, einmal hat er für dieselben bestimmte, einfache arithmetische Ausdrücke gefunden

und zweitens hat er diese mit der Hauptreihe in einen gewissen Zusammenhang gesetzt. Diese Beziehungen zwischen der Zahl der Curvenumgänge und der Zahl der Blätter können als eine reale ursächliche Begründung nicht erachtet werden, sondern sind rein formaler Natur. Ganz anders liegt die Sache indes bei der Erklärung von SACHS, welche wirklich darauf ausgeht, eine Ursache für das Zustandekommen jener eigenartigen Stellungsverhältnisse festzusetzen. Ich will nun versuchen, die Ansicht, welche SACHS vertreten hat, in kurzen Worten darzustellen.

In der ersten Auflage seines Lehrbuches* hat er der Betrachtung über die seitlichen Verschiebungen ein längeres Kapitel gewidmet und die Verhältnisse, welche bei *Pandanus utilis* obwalten, besonders bevorzugt. Er giebt an, dass in der dicht belaubten Krone dem Auge sofort drei unter sich parallele Schraubenlinien auffallen, dass aber die jungen und jüngsten Blätter daselbst in drei völlig geraden Reihen stehen. Vorausgesetzt, dass die letztere Thatsache vollkommen richtig ist, so muss man dem Schlusse zustimmen, dass in der Axe eine Torsion stattgefunden hat. Er setzt den Act der Drehung fest, indem er sagt, »die Torsion würde bei *Pandanus utilis* durch Wachsthumsvorgänge hervorgerufen, welche unterhalb der jüngsten Blätter sich geltend machen; die Stammspitze selbst sammt den an ihr sitzenden Blättern muss dabei um ihre Axe rotieren«. Er hat neben *Pandanus* noch die Stellung der Blätter in schraubig gewundenen Zeilen bei den Moosen berücksichtigt und auch diese durch eine Rotation der Scheitelzelle um die eigene Längsaxe erklärt; später meinte er, dass die letztere »Darstellung für den Anfänger nicht mehr geeignet scheint«**. Für *Pandanus* hat er aber, wenn er auch den Sitz der Torsion nicht mehr so genau präcisierte, doch an dieser Bewegung festgehalten***.

In der zweiten und den späteren Auflagen ist noch ein anderes Verhältniss der Blattstellungen in schraubig gewundenen Zeilen von ihm besprochen worden. *Aloë serra* betreffend, giebt er richtig an, dass die Disposition an einem Individuum sich ändert, unten stehen die Blätter in 2 geraden Zeilen übereinander, während sie in dem oberen Theile 2 gewundene Zeilen bilden. Er theilt über die letzteren folgendes mit: »jedes Paar besteht aus zwei alternierenden (nicht gegenständigen) Blättern, deren Divergenz $= \frac{1}{2}$ ist, die Paare selbst divergieren um kleinere Bruchtheile unter sich. Auf den ersten Blick erscheinen solche Stellungsverhältnisse wie zweizeilige, die durch Drehung des Stammes verändert worden sind.« In der IV. Auflage

* SACHS, Lehrbuch I. Aufl. 167.
** SACHS, Lehrb. III. Aufl. 184, IV. Aufl. 203.
*** SACHS, Lehrb. IV. Aufl. 199.

ist der Satz mit diesen Worten abgeschlossen, in der III. aber steht noch dabei, »was in diesem Falle kaum annehmbar erscheint«.

An welchen Stellen sich Sachs die Torsion genauer vollzogen vorstellt, ist aus seinen Angaben nicht mit Sicherheit zu entnehmen und doch werden mindestens zwei Relationen stets in Betracht gezogen werden müssen. Wir erhalten nämlich zwei ganz verschiedene Verhältnisse, wenn die Drehung in jedem Internodium stattfindet oder wenn sie sich rhythmisch vollzieht, so dass Gruppen von Blättern, welche die gleiche Divergenz unter sich behalten, tordiert werden. Braun hat, wie ich oben darstellte, beide Verhältnisse klar unterschieden, das Resultat, welches aus der ersten Bewegung erwächst, wäre für *Pandanus* in dem Bruch $\frac{n+1}{3n+2}$ wiedergegeben, das zweite würde durch die Bruchcombination $\frac{1}{n}$ ($\frac{1}{3}$) zum Ausdrucke kommen.

In der Blattanreihung von *Aloë serra* hat Sachs zweifelsohne das letzte Verhältniss $\frac{1}{n}$ ($\frac{1}{3}$) zur Darstellung gebracht, das geht wenigstens aus der Beschreibung hervor. Diese stimmt aber mit der Zeichnung nicht durchaus überein. Wenn man sich nämlich mit Hülfe des Durchschnittspunktes zweier Geraden, die 2 aufeinander folgende Punkte verbinden, einen Mittelpunkt in dem Systeme schafft und von diesem Linien nach den übrigen Zahlen zieht, so wird man finden, dass die Divergenzstrahlen unter einander Winkel bilden, die von 180° abweichen. Die Blattbasen, deren Querschnitte Sachs zur Ermittelung der Stellung benutzte, sind asymmetrisch. Die Bestimmung genau gleichliegender Punkte wird aber in asymmetrischen und unter sich nicht einmal ähnlichen Figuren niemals ohne Willkür geschehen können. Aus diesem Grunde halte ich die Festsetzung derselben in der gegebenen Abbildung für nicht sicher und die daraus gezogene Bestimmung der Stellung nicht für unbedingt vertrauenswerth. Endlich hat Al. Braun auch die Aloë-Arten mit zweizeilig gewundenen Blattanreihungen untersucht und gefunden, dass sich die Stellungen unter den Ausdruck $\frac{n}{2n+1}$ subsummieren lassen; daraus geht hervor, dass die Divergenz der Blätter kleiner als 180° sein muss, eine Erfahrung, die ich oben in der Beschreibung der betreffenden Stellungen bestätigen konnte.

Hinsichtlich der Blattstellungen in drei gewundenen Zeilen hat Sachs zwei Figuren mitgetheilt. An der ersten kann der Drehungswinkel der einzelnen aufeinander folgenden Blätter nicht bestimmt werden, da sie eine perspectivische Zeichnung ist. Die zweite, welche einen schematischen Grundriss darstellt, gestattet diese Vornahme.

Setze ich den Winkel, um welchen Blatt f^{11} von der Orthostiche abweicht, = 12, so resultieren für die vorhergehenden Blätter folgende Abweichungswinkel: $f^{10} = 11{,}5$. $f^{9} = 15{,}5$. $f^{8} = 30{,}5$. $f^{7} = 29$. $f^{6} = 41$. $f^{5} = 49$. $f^{4} = 49$. $f^{3} = 57$. $f^{2} = 64$. $f^{1} = 71$.

In drei von den aufeinander folgenden Blattpaaren sind zwar die Divergenzen gegen die Orthostichen nahezu constant, nämlich in f^{11} und f^{10}, f^{8} und f^{7}, f^{5} und f^{4}. Für diese würde die Thatsache feststehen, dass sie unter 120° divergieren, denn, wenn die Abweichungswinkel von den Orthostichen gleich sind, so müssen auch die Divergenzen der Blätter unter sich denselben Winkel von 120° ausmachen. In den zwischen ihnen gelegenen Internodien ist also die Drehung unterblieben. Hätte sich zu jedem der erwähnten Paare noch ein Blatt, also f^{9}, f^{6} und f^{3} gesellt, die ebenfalls keine Torsion erlitten, so würde jenes Verhältniss für *Pandanus* mit je drei Blättern vorliegen, welches Sachs für *Aloë serra* mit zweien statuiert hatte, das nämlich, welches Braun durch die Bruchcombination $\left(\frac{1}{n}\right) \frac{1}{3}$ ausdrückt. Wenn ich nun annehme, dass die oben erwähnten Constanten mehr zufällig in die Abweichungswinkel hineingekommen sind, und voraussetze, dass eine Torsion in allen Internodien und vielleicht in gleichmässig wachsenden Massen bezüglich der Orthostichen stattfinden soll, so setzt Sachs bei den Blattstellungen in gewundenen Zeilen zwei verschiedene Arten der Drehung voraus, nämlich in gekuppelten Paaren bei *Aloë serra* mit rhythmischen Torsionen, und in continuierlichen Torsionen bei *Pandanus*. Wäre bei den letzteren der Betrag der Drehung constant, so würde die Blattstellung durch $\frac{2n+1}{3n+2}$ ausgedrückt werden, während jene durch $\left(\frac{1}{n}\right) \frac{1}{2}$ wiedergegeben werden müsste. Diese beiden Fälle sind von Sachs nicht klar genug auseinander gehalten worden.

Ich will nun zunächst untersuchen, welche Erfahrungen können wir über die Torsion an den entwickelten Pandanussprossen selbst machen. Sachs meinte, der Ort der Drehung befände sich unter den jüngsten Blättern und der Gipfel mit den an ihm sitzenden Blättern rotierte um seine Axe, wodurch aus der Stellung in drei Orthostichen die Disposition in drei gewundene Zeilen übergeführt würde. Nicht blos ein Blick in die Knospe von oben, sondern noch besser jeder Querschnitt durch den tieferen Theil eines noch geschlossenen Blattcomplexes lehrt, dass der angegebene Thatbestand zweifellos richtig ist: die Blätter liegen zunächst in drei Geradzeilen hinter einander und erst später bilden sich die charakteristischen einer Wendeltreppe ähnlichen Anreihungen aus.

Wenn nun diese Drehung durch eigenartige Wachsthumsprocesse in der Axe erzeugt wird, so wird von vornherein angenommen werden müssen, dass dieselben sich nicht für jedes Blatt an einer eng localisierten Stelle vollziehen wird, sondern dass die Wachsthumsenergie ein Maximum haben wird und dass sie in irgend einer Weise abnimmt, um endlich zu verschwinden. Dieser Umstand muss die Festsetzung des Drehungsortes nothwendiger Weise mit einer gewissen Unbestimmtheit behaften; eine weitere Unsicherheit erwächst daraus, dass eine Bestimmung darüber, welches die jüngsten Blätter seien, bei dem allmählichen Uebergang der freien Blätter in die Knospe kaum thunlich ist.

Aus diesen Ursachen hielt ich es zunächst für wünschenswerth, die Zone in engere Grenzen einzuschliessen, in der die Drehungsbewegungen, durch Wachsthumsprocesse hervorgebracht, sich vollzogen. Ich nahm einen Stock von *Pandanus utilis*, der in voller Blattentwicklung stand, und klebte an den Rand des Topfes einen Kartonstreifen, auf dem ich bestimmte Marken durch Bleistiftstriche auftragen konnte. Alsdann schnitt ich ein Blatt, das bereits seine definitive Stellung gewonnen haben musste, da es mit seinen benachbarten Genossen eine sehr deutliche gewundene Zeile bildete, bis auf einen Stummel von 10 cm Länge ab. Ich verkürzte es aus dem Grunde, damit ich jene Unsicherheit in der Bestimmung seiner Lage umging, welche durch die leicht pendelnde Bewegung der langen Blattspreite herbeigeführt werden konnte. An dem stehen bleibenden Reste brachte ich mit Tusche auf der Mitte des Hauptnerven einen Strich an und lothete diesen Punkt auf dem Kartonstreifen ab, indem ich als innere Visierlinie ein zweites Loth benutzte, das ich in das Herz der Pflanze einsenkte.

In derselben Weise legte ich die Stellung eines inneren Blattes fest, welches sich wahrscheinlich noch in der Torsionszone befand, das aber doch schon aus dem Knospenverbande frei war. Nachdem die Pflanze 2 Monate hindurch kräftig weiter gewachsen war, untersuchte ich die Lage der von mir fixierten Punkte aufs Neue. Das Ergebniss der Messungen war, dass sich das äusserste Blatt absolut nicht bewegt hatte und dass sich auch an der Lage des zweiten inneren Blattes keine Veränderung nachweisen liess. Ich hatte somit die Zone der Torsion noch nicht erreicht. Um zuvörderst die innere Grenze festzusetzen, markierte ich mir in der oben beschriebenen Weise ein Blatt, das sich noch im Knospenverbande befand und von dem ich aus Erfahrung wusste, dass es im Laufe eines Monats nicht frei werden konnte. Eine Untersuchung nach diesem Zeitmasse ergab, dass sich der Ort auch dieses Blattes ebenso wenig verändert hatte, wie die Orte der

beiden vorigen Blätter eine Abweichung aus der früheren Lage erfahren hatten. Abgesehen davon, dass ich die Stelle, in der sich die Torsion vollziehen musste, wenn sie überhaupt vorlag, in ziemlich enge Grenzen eingeschlossen hatte, erwuchs mir aus der letzten Beobachtung eine viel wichtigere Thatsache, die mich jeder weiteren Untersuchung überhob: da nämlich das innere noch im Knospenverbande befindliche Blatt eine Lagenveränderung nicht zeigte, so ging aus der Wahrnehmung hervor, dass sich der Gipfel mit all seinen jüngsten Blättern nicht gedreht haben konnte.

Ich begnügte mich aber nicht mit dieser Festsetzung. An einem Sprosse von *Pandanus Veitchii*, zog ich an einer Stelle, wo die Blätter deutlich die Stellung in gewundenen Zeilen zeigten, die Epidermis in Streifen auf die ganze Länge des 1 mm betragenden Internodiums ab und untersuchte die Lage und Richtung der Epidermiszellen. Ich hatte mich vorher davon überzeugt, dass an dem Theil der Axe, welcher die Blätter noch im Knospenzustande trug, die Zellen in völlig senkrechten Reihen standen und dass die Seitenwände und Ober- und Unterwand rechte Winkel mit einander bildeten. In den Internodien, welche bereits die eventuelle Torsion erfahren haben mussten, war eine Verschiebung der Zellreihen bez. eine Veränderung der Winkel nicht nachweisbar, eine Thatsache, die gegen die Drehung sprach.

Die Internodien, in denen die vermeintliche Torsion stattfinden soll, haben eine sehr geringe Grösse, bei *Pandanus Veitchii* sind sie noch nicht 1 mm lang und haben einen Durchmesser von c. 1 cm. Um Scheibchen von diesen Dimensionen zu drehen, ist eine sehr beträchtliche Kraft erforderlich, die, so weit ich die Verhältnisse abschätzen kann, kaum als vorhanden betrachtet werden darf. Jedenfalls müssten sich in longitudinaler oder transversaler Richtung bei einer Torsion Spannungen bemerkbar machen, die an längsgespaltenen Axen oder an Querschnitten rückläufige Bewegungen und Verwerfungen irgend welcher Art erzeugen würden. Man kann aber weder an Längsschnitten noch an Querschnitten irgend welche Lagenveränderungen wahrnehmen, die auf Spannungen hinwiesen.

Es ist mir an Neubildungen erzeugenden Sprossspitzen nicht gelungen, Torsionen überhaupt bis jetzt nachzuweisen, auch bei denjenigen Pflanzen, welche später sehr auffallende Drehungen erfahren, ist die oberste Spitze niemals tordiert; erst wenn die Internodien mehrere Centimeter lang geworden sind, machen sich die ersten Bewegungen in diesem Sinne bemerkbar.

In der Sachs'schen Beweisführung ist eine empfindliche Lücke geblieben, er hat sich damit begnügt, den Knospenquerschnitt zu prüfen; aber er hat die Vorgänge bei der Anlage der Blätter am Vege-

tationskegel nicht untersucht. Diese Beobachtung soll uns sogleich beschäftigen; ehe ich aber auf sie eingehe, will ich noch darauf hinweisen, dass bei der Voraussetzung, die späteren Divergenzen seien von der ersten Anlage an vorhanden, doch eine andere Lage der Blätter im Knospenquerschnitte nicht zu Stande kommen kann, als die beobachtete in 3 Geradzeilen. Betrachten wir nur den Blattcomplex einer Knospe, die etwa aus 9 Elementen besteht, so umschliessen dieselben einen Raum, der als eine sehr schlanke, im Querschnitte fast gleichseitig dreieckige Hohlpyramide bezeichnet werden muss. Dieselbe wird dadurch erzeugt, dass die in der Mitte scharf gefalteten Blätter sich gegenseitig umfassen; dabei liegt die eine Flanke jedes Blattes nach innen zu der benachbarten des vorhergehenden Blattes auf, umgreift aber die benachbarte des folgenden von aussen. Diese Hohlpyramide ist nun der Bestimmungsraum für die Einfügung der folgenden Blätter; sie wird immer nur so geschehen können, dass ein nach innen zu benachbartes etwas höher stehendes Blatt mit seiner Rückenkante sich in eine der hohlen Kanten des Bestimmungsraums einschmiegt. Auf diese Weise befinden sich alle Blätter in einem bescheidenen Maasse in der Lage einer Zwangsdrehung; wenn sie dann durch die Fortbewegung der äusseren Blätter bei der Lösung der Knospe von dem Zwange befreit werden, so nehmen sie die ihnen durch ihre Insertion vorgeschriebene Stellung ein und bringen den Anschein hervor, als ob das Axenende sich gedreht hätte.

Das Einpassen in den Bestimmungsraum geht nicht immer ohne einen bemerkbaren Conflict vor sich, denn der Bruch in der Mitte des Blattes, welcher seine Längsfaltung bedingt, läuft zuweilen bei der Spitze vorbei und geht nicht genau durch sie. Wenn die Zahl der Blätter in der Knospe eine sehr grosse wäre, so dass viele Blätter in die Orthostichenlage hineingezwungen würden, so würde die Zwangsdrehung am Grunde der Phyllome noch viel deutlicher werden: so habe ich aber auf einem Querschnitt durch den Knospengrund niemals mehr als 3 Blätter in einer Geradzeile gefunden.

c. Meine eigene Erklärung.

Nachdem ich gezeigt habe, dass die Braun'sche Erklärung den Anspruch auf eine ursächliche Begründung nicht erheben kann, und nachdem ich nachzuweisen versucht habe, dass die Sachs'sche Voraussetzung einer Torsion kaum zutreffend ist, will ich durch die Untersuchung des Entwicklungsganges am Vegetationskegel selbst eine Erklärung vorbereiten. Ich werde mich dabei nicht allein auf die bei *Pandanus* vorkommenden Verhältnisse beziehen, sondern alle monocotylischen Gewächse mit scheidigen Blattbasen in das Bereich meiner

Betrachtung bringen, da bei ihnen sämmtlich eigenthümliche, von den Dispositionen der meisten Dicotylen abweichende Verhältnisse vorkommen.

In den Untersuchungen über den Blüthenanschluss habe ich bereits den Vegetationskegel einer Reihe von Pflanzen geprüft, welche Blätter mit scheidigem Grunde besitzen. Ich habe dort hauptsächlich die Blattanlagen der *Iridaceen* verfolgt und gefunden, dass an dem Scheitel von der Gestalt einer Ellipsoidkappe die Blätter als Höcker entstehen, von denen aus sich wallförmige Wucherungen um die Flanken hinziehen. Diese Wucherungen sind, so weit man dies beobachten kann, symmetrisch, sie kommen später gegenüber dem Höcker, der sich zur Spreite entwickelt, zur Berührung und endlich zum Verschlusse. Die nächste Blattanlage tritt nun stets dort auf, wo sich die Scheidenlücke befindet und wo zu gleicher Zeit die tiefste Stelle am Vegetationskegel liegt, die frei von jeder Berührung mit der Scheide ist. Ich habe darauf aufmerksam gemacht, dass diese Stelle die für eine Neubildung am besten geeignete ist, und habe geschlossen, dass, weil sich die Blätter in ihrer Ausbildung alle gleich verhalten, die zweizeilige Stellung der Iridaceen- und Gramineenblätter eine mechanische Nothwendigkeit wird.

Aehnlich, aber doch mit einer gewissen Abänderung, liegen die Sachen bei *Galanthus, Leucojum* und *Allium*. Auch hier hat der Vegetationskegel die Form einer Ellipsoidkappe und nicht minder entsteht das Blatt derartig, dass ein Höcker sich bildet, von dem aus wallartige Wucherungen den Mantel des Kegels umgreifen. Im Gegensatze aber zu den *Iridaceen* und *Gramineen* sitzen die Blätter bei *Galanthus* und *Leucojum* auf den breiten Seiten der Ellipsoidkappe und reichen um die engeren Biegungen in der Nähe der Brennpunkte herum, bis sie wieder auf der gegenüberliegenden Seite zum Verschlusse gelangen. Die Lücke zwischen den nach unten sich ziehenden Scheidenrändern ist dann der beste Platz zur Anlage eines folgenden Blattes. Wenn nun jedes Blatt denselben Modus der Ausbildung einhält, so müssen wiederum die Blätter in zwei Zeilen stehen. Indem nun die Blätter ihre Spitzen immer in der Scheidenöffnung liegen lassen, werden jene zu Körpern, welche zwar einen engen Verschluss wie bei *Allium* gestatten, aber doch verhindern, dass die Scheide lückenlos zuwächst. Ich habe nachgewiesen, dass nur durch diese Vorkehrungen das Blatt im Stande ist, zu Tage zu kommen: wenn einmal zufällig die Spitze den Ort verlässt, so wird das Blatt von der Scheide umschlossen, erfährt bei seiner Dehnung die compliciertesten Verkrümmungen und tritt nur an das Licht, wenn es gelingt, die Scheide zu sprengen. Ein ähnlicher Mechanismus liegt auch bei *Canna* und *Musa*, wahr-

scheinlich auch bei vielen *Aroideen* vor, indem die Spreite am Ende kappenförmig zusammengezogen ist und in den bekannten fadenförmigen Anhang ausläuft, welcher die Functionen eines Hemmungskörpers übernimmt.

Schon bei einzelnen *Allium*-Arten hatte ich früher die Blattstellungen in gewundenen Zeilen gesehen und bekam den allerdings nicht ganz klaren Eindruck, dass in Verbindung damit die Blattbasen asymmetrisch wären. Da mir aber die Sache nicht zweifellos war, habe ich sie in meinem Blüthenanschlusse stillschweigend übergangen. Vollkommen scharf konnte ich aber die Frage bei der Untersuchung des Sprossscheitels verschiedener *Costus*-Arten zur Entscheidung bringen.

Ich hatte zu dem Studium dieser Verhältnisse eine grosse Menge von Sprossen des *C. Lucanusianus* und *C. Tappenbeckianus* zur Verfügung. Zuerst nahm ich solche Exemplare vor, die eine beträchtliche Länge erreicht hatten, wenn schon sie noch im lebhaften Treiben begriffen waren. Ich sah an ihnen eine Reihe von dütenförmig in einander geschachtelten Blattanlagen, welche sich zwar in den äusseren Elementen dicht berührten, in den innersten aber nicht mehr lückenlos aneinander schlossen (Taf. I, Fig. 1). Das letzte Blatt bildete dann eine Kappe mit weiter Eingangsöffnung, durch welche der sehr flache Vegetationskegel deutlich zu sehen war (Taf. I, Fig. 2). So viele der Sprosse ich auch von den erwähnten Arten studierte, es gelang mir niemals, die Ausgliederung eines Blattes in dem Momente zu erfassen, wenn der erste Höcker oder der eben hervortretende Ringwall angelegt wurde. Nachdem ich besonders *Musa*, *Canna*, einige *Bromeliaceen* auf ihre Blattentwicklung hin geprüft hatte, wurde mir klar, dass ich an diesen wenn auch noch im vollen Triebe befindlichen Sprossen die gewünschten Zustände überhaupt nicht finden würde. Ich hatte bereits bei den *Gramineen* die Erfahrung gemacht, dass die Zahl der Blätter für eine Art entweder constant ist oder nur in sehr engen Grenzen schwankt und dass die Axe darauf mit einem Blüthenstande abschliesst. Gewisse Gräser erzeugen daneben sterile Halme, eine Erscheinung, die auch bei *Musa* statt hat. Die Spitzen dieser Sprosse zeigen ähnliche Verhältnisse, auch bei ihnen umgreift eine letzte kleine Kappe den flachen Vegetationskegel, der in seiner Thätigkeit, Blätter anzulegen, erlahmt ist und sie schliesslich ganz eingestellt hat. Diese letzten Phyllomprimordien scheinen niemals zur vollen Entfaltung zu gelangen, da ich die kleine Kappe an offenbar nicht weiter austreibenden Sprossen von *Costus Tappenbeckianus* stets vorfand. Ich mache auf diese Erscheinung deswegen aufmerksam, weil man leicht getäuscht und zu der Annahme verleitet werden kann, dass diese Blätter in der Umfassung der Scheide unter

ausschliesslich inneren Bestimmungsursachen, ohne dass irgend ein Contakt in Frage kommt, ihrem Orte nach bestimmt werden. Die Verführung in diesen Irrthum, dem auch ich verfallen bin, liegt um so näher, da, nach den Erfahrungen bei den Dicotylen zu schliessen, die Sprosse ganz das Aussehen gewähren, als ob jüngste Anlagen von Blättern noch zu erwarten sind.

Da die laubigen Sprosse von *Costus Tappenbeckianus* niemals Blüthen hervorbringen, jene vielmehr aus besonderen Kurztrieben des Rhizomes sich entwickeln, welche der grünen Blätter entbehren, so konnte ich nicht sicher bestimmen, welche Zahl der Phyllome die endgültige sei, und beschloss deshalb, viel jüngere Triebe zu untersuchen. Ich wählte schliesslich solche Sprösschen, die kaum fingerlang und noch darunter waren und fand nun bald wesentlich verschiedene Bilder. Ich habe die Spitze eines solchen Triebes in Fig. 3 dargestellt. Hier sieht man nun den Vegetationskegel noch in voller Thätigkeit. Er ist zwar auch von einem kappenförmigen Blatte umfasst; aber durch die Spalte nimmt man wahr, dass derselbe viel stärker kalottenförmig gewölbt ist und noch weiter junge Blattanlagen erzeugt hat. (f^1, f^2.)

Wenn wir uns nun den Spalt genauer betrachten, so wird offenbar, dass derselbe von einer ganz besonderen Form ist. Er hat im allgemeinen die Gestalt, welche wir eiförmig, oben spitz, nennen. Denken wir uns nun die tiefste Stelle (bei *p*) mit der Spitze durch eine Linie verbunden, so läuft dieselbe nicht durch die Spitze des Blattes, sondern an derselben vorbei. Daraus geht hervor, dass der Schlitz schief ist, und mit anderen Worten, dass die Scheide selbst asymmetrisch sein muss. Der Wall, mit welchem die Anlage des neuen Blattes f^1 beginnt, liegt, wie aus Fig. 3 klar wird, vor der Scheidenöffnung und zwar fällt die dickste und höchste Stelle, der Ort, an welchem die Spitze des Blattes später zu finden sein wird, so, dass er wie ein Meniscus die tiefste Stelle der Scheidenöffnung ausfüllt. Um die Sache deutlicher zu machen, habe ich von einem anderen Sprosse auch das Blatt *f* wegpräpariert und das nun resultierende Bild in Fig. 4 wiedergegeben. Man sieht hier sehr deutlich die asymmetrische Form des Walles. Der Ort, nach welchem f^1 zeigt, entspricht demjenigen, nach welchem f^1 in Fig. 3 hindeutet. Die Anlage des nächsten Blattes f^2 tritt genau in die Lücke zwischen die Wallränder von f^1. In Fig. 5, welche einen Vegetationskegel mit einem Blatte darstellt, das jünger ist, als f^1 in Fig. 4, kann man den Ort sicher bestimmen, an welchem das folgende Blatt erscheinen muss. Fig. 6 dagegen giebt einen Vegetationskegel wieder, der ein Blatt

trägt mit einer Entwicklung in Mittelstellung zwischen f^2 von Fig. 4 und dem Blatte von Fig. 5. Der Wall umfasst zwar schon einen grösseren Theil der Kugelkappe, auch ist die Asymmetrie desselben bereits erkennbar, der Verschluss ist aber noch nicht so weit gediehen, als bei dem Blatte in Fig. 5.

Wenn ich gefunden habe, dass der höchste Punkt des Walles und somit die Spitze des Blattes, sowie die beträchtlichste Dicke immer oberhalb der tiefsten Stelle der Scheidenspalte gelegen ist, so wird der Gedanke nahe gelegt, dass diese Stelle zur Anlage einer Neubildung am besten geeignet sein muss. Diese Bevorzugung scheint in einer doppelten Hinsicht begründet zu sein. Einmal liegt sie in der Ausdehnung des allein von Neubildungen freien Raumes am Vegetationskegel und zweitens ist sie von dem Scheitel (Fig. 5 *Sch*) am weitesten entfernt, weil der Wall von dem höchsten Punkte nach unten zu in den Flanken herabsteigt; es ist aber eine allgemeine Erfahrung, dass die von dem Scheitel am fernsten gelegenen Punkte von Neubildungen zuerst besetzt werden.

Unter den obwaltenden Umständen ist die Lage des höchsten Punktes eines neuen Blattwalles an dieser Stelle eine äusserst zweckmässige für das künftige Blatt. Hier bildet sich später die Lamina und besonders die Spitze derselben aus. Die letztere wirkt nun einerseits wieder als Hemmungskörper, so dass ein Verschluss der Scheide unmöglich wird, und zugleich sichert sie die Führung, dass das Blatt die Scheide wieder zu durchdringen vermag, und beseitigt die Gefahr, dass jenes die Austrittsstelle verfehlt. Wir haben also auch bei *Costus* dieselbe Sicherheitsvorrichtung, die ich oben für andere Monocotylen, deren Blätter mit scheidigem Grunde versehen sind, besprach.

Die Ursache, welche bedingt, dass die Scheiden der *Costus*arten asymmetrisch ausgebildet werden, vermögen wir nicht zu erkennen, wir müssen also diesen Charakter als der Gattung inhärent, als erblich übertragen betrachten. Dass aber, wenn einmal diese Scheidenform vorliegt, die Stellung des folgenden Blattes ursächlich bedingt wird, da durch sie der beste Platz für die Anlage bestimmt wird, erscheint mir vollkommen zweifellos, nachdem ich an den *Gramineen*, *Iridaceen*, *Liliaceen* und *Amaryllidaceen* unter äusserlich ganz verschiedenen Gestaltungen das gleiche Verhältniss nachgewiesen habe und da ich dasselbe auch noch an anderen abweichenden Formen vorzuführen Gelegenheit nehmen werde.

Wenn nun der Ort des folgenden Blattes von der Asymmetrie der Scheide des vorhergehenden abhängig ist, so muss auch die Blattstellung im Ganzen darin ihre Ursache haben; denn die Divergenz

des ersten Phylloms von dem folgenden wird, durch die beiden höchsten Punkte der beiden Wälle bestimmt, von dem Maasse der Asymmetrie in der Scheide des ersten Blattes bedingt sein und so die Abweichungen der folgenden von einander. Die Zahlenverschiedenheit der Blätter auf einem Spiralumgange bei derselben Art giebt einen Fingerzeig dafür, dass, wenn auch die Ausgestaltung der Scheide im Allgemeinen stets wiederkehrt, doch im Quotienten der Scheidenflügelgrössen nicht unerhebliche Schwankungen vorkommen. Ich habe an den verschiedenen Arten von *Costus* die Annäherungen an die $\frac{1}{4}$ Stellung, an die $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{9}$-Disposition beobachtet; solche, in denen der Nenner noch beträchtlich grössere Zahlenwerthe darstellt, sind mir nicht vorgekommen und scheinen auch an lebendem Materiale bis jetzt nicht gesehen worden zu sein. Nach getrockneten Pflanzen glaube ich allerdings die Anwesenheit noch ein wenig höherer Zahlen in den Divergenzbrüchen vermuthen zu dürfen; indess führt dieses Material nur zu leicht zu Täuschungen. Theoretisch würde die Grenze dieser Stellungen erreicht werden, wenn der Nenner $= \infty$ ist. Der Bruch $\frac{1}{\infty}$ besagt, dass erst nach der Einschaltung von unendlich vielen Blättern die Orthostiche durch das Blatt f^0 von der Verbindungscurve passiert wird, mit anderen Worten, dass die Phyllome sämmtlich in einer Geradzeile auf der einen Seite der Axe sich befinden.

Mir sind Stellungen dieser Art nicht bekannt geworden, auf einige Thatsachen, die in dem Sinne, als ob die Stellung $\frac{1}{\infty}$ vorläge, gedeutet worden sind, werde ich unten zu sprechen kommen. Von mechanischen Gesichtspunkten aus wird die verhältnissmässig enge Grenze, bis zu der der Divergenzwinkel zurückgeht (unter 40° sind keine gut verbürgten Beobachtungen gemacht worden), leicht verständlich. Der Winkel ist, wie ich oben gezeigt habe, abhängig von dem Verhältniss der Asymmetrie der Wallstücke, in die das Blattprimordium von einer Ebene senkrecht auf die dickste Stelle zerlegt wird. Das Maximum der Asymmetrie würde erreicht werden, wenn diese Ebene unmittelbar mit dem Rande des kleineren Wallstückes zusammenfiele. Dieses Vorkommen ist undenkbar, denn eine gewisse wenn auch noch so geringe Grösse muss der kleine Flügel des Walles doch immer haben. Da nun die höchste Stelle des folgenden Blattes stets seitwärts von dem kleinen Theile des Walles liegen muss, so ist eine Aufstellung in superponierter Anreihung nicht möglich. Die Blätter müssen vielmehr immer in einer, wenn auch vielleicht recht steilen gewundenen Zeile stehen.

Mit dieser Behauptung steht nun eine Reihe von Erfahrungen im

Widerspruche, die zuerst von AL. BRAUN* gemacht worden ist; dieser vortreffliche Beobachter fand nämlich die senkrechte Stellung der Blätter in einer einzigen Zeile bei *Tofjeldia calyculata*, *Calla palustris* und anderen *Araceen*. Sie tritt zwar auch hier nur in sehr beschränktem Maasse auf, indem allein die 2 Primärblätter der Lateralstrahlen in dem angeregten Verhältniss über einander aufgestellt sind. Da das erste Blatt an Laubsprossen, wie bei allen Monocotylen, deren Blätter mit scheidigem Grunde versehen sind, das adossierte Vorblatt ist, so fallen beide Phyllome axoskop.

Ich habe das Verhältniss bei *Calla palustris* untersucht. Wählt man als Beobachtungsobjekte die aus der horizontal fortkriechenden Grundaxe rechts und links hervortretenden Lateralstrahlen etwa von der Grösse eines kleinen Fingers, so kann man auf den ersten Blick die von BRAUN gemachte Angabe leicht bestätigen. In der That sieht man nach dem ersten Blatte dieser Sprosse, dem adossierten Vorblatte, ein folgendes Phyllom, das ein minutiöses, später gewöhnlich braun gefärbtes Rudiment einer Spreite nach oben gewendet trägt, während sich die Scheidenränder auf der unteren Seite übergreifen. Die Axe des Zweiges ist ein wenig nach unten (in Bezug auf sein Deckblatt also phylloskop) gekrümmt, die convexe Seite blickt also nach oben; der Querschnitt ist gleich dem der Hauptaxe eine Ellipse und zwar fällt die lange Axe mit der Mediane des Deckblattes zusammen.

Bei einer genaueren Betrachtung freilich springen zwei Umstände in die Augen, welche mit der Meinung, dass das zweite Blatt an dem Lateralstrahle von *Calla palustris* in directer Superposition zu dem adossierten Vorblatte stehe, nicht recht harmoniert. Sieht man sich nämlich den Raum an, der zwischen den Rändern der Scheide liegt, die Stelle der Axe also, welche doppelt von den Flanken bedeckt wird, so bemerkt man, dass die Halbierungslinie dieses Raumes parallel mit der Seele des Sprosses nicht in den Hauptschnitt durch den Achselspross und die Mediane des Deckblattes fällt, sondern seitlich liegt (Fig. 8 bei *M.*). Trägt man ferner dieses Blatt ab, so findet man in der Achsel desselben eine Knospe (Fig. 7. *kn.*), die aber nicht, wie bei der behaupteten Stellung zu erwarten ist, auf der hohen Kante der Axe des Lateralstrahles, also superponiert zu dem adossierten Vorblatte liegt, sondern seitlich davon.

Aus diesen beiden Wahrnehmungen erschien mir die Nothwendig-

* AL. BRAUN in Verhandl. des Bot. Ver. der Prov. Brandenburg I. 90; ähnliches hat CASPARY für *Nelumbo* angegeben; gerade Superposition in einer Zeile erwähnt AL. BRAUN auch an den Schuppen der Pappelknospen mit phylloskoper Uebereinanderstellung, ähnliches auch an *Salix* und *Begonia*, vergl. Tannenzapfen 323.

keit dringend geboten, den Ort genau zu bestimmen, an dem das zweite Blatt angelegt wurde. Das Primordium des Lateralstrahles, Fig. 9, stellt zuerst ein dünnes, im Längsschnitte durch die lange Axe des Körpers etwa einer halben Ellipse gleichendes Gebilde dar, das scheinbar aus dem Blattachselgrunde hervortaucht. In Wirklichkeit nimmt es aber nur zum Theil aus ihm seinen Ursprung, im übrigen ist es auf eine erhebliche Strecke schon jetzt der Mutteraxe angewachsen, so dass nur der oberste Rand vollkommen frei ist. Diese Art der Befestigung ist bei den Monocotylen ausserordentlich weit verbreitet und bedingt die Erscheinung, dass die Seitenstrahlen der Hauptaxe um ein mehr oder minder grosses Stück »angewachsen« zu sein pflegen. Die erste Differenzierung, welche sich an dem Körper geltend macht, ist eine seichte Furche, die in einiger Entfernung von der Peripherie das Primord an seinem oberen Rande umzieht und einen schmalen Saum abschneidet. Dieser Rand ist die erste Anlage des adossierten Vorblattes (Fig. 10). Von der Lage des Saumes ist die spätere Anheftung des Blattes abhängig. Befindet er sich nämlich auf dem freien Lappen des Primords, so dass zwischen dem Furchengrunde und der Anwachsungsgrenze des Primords an der Axe ein Gewebestück bleibt, so wird das Vorblatt, wie wir gewöhnt sind zu sehen, an dem Lateralstrahl befestigt sein; reicht dagegen der Furchengrund über diese Grenze hinweg, so steht das adossierte Vorblatt mit der Mutteraxe des Lateralstrahles in organischem Zusammenhange und das adossierte Vorblatt sieht wie ein Spalt an der ersteren aus, durch das der Seitenzweig heraustritt.

Nachdem in der ersten Anlage das adossierte Vorblatt wie ein oberes Augenlied den Vegetationskegel umzogen hat, beginnen sich die Ränder über den Vegetationskegel vorzuschieben; während sich aber der Process vorbereitet, legt dieser ein zweites Blatt an, das wie ein von dem höchsten Punkt nach unten absteigender Wall den Körper umgreift. Fig. 11 und 12. Der höchste Punkt scheint nicht immer die gleiche Lage zu haben; in Fig. 11 befindet sich der Scheitel ziemlich genau transversal auf der linken Seite, manchmal aber beobachtete ich, Fig. 12, dass er weiter nach vorn gerückt war. Dieses Blatt ist es nun, welches unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen muss. Mag die spätere Orientierung sein, welche sie will, niemals entsteht das Phyllom superponiert zu seinem vorausgehenden Genossen. Die definitive Stellung, welche scheinbar in gerader Uebereinanderstellung sich befindet, kann also nur durch eine Verschiebung im Zusammenhang mit einer Gestaltveränderung des ganzen Seitenzweiges erworben worden sein. Eine solche Transformation muss also stattfinden, und sie ist mit Leichtigkeit nachzuweisen.

Oben erwähnte ich, dass das Primord ein flaches Scheibchen sei, von elliptischem Querschnitt, dessen lange Axe senkrecht zur Mediane des Deckblattes gestellt ist. Ich habe ferner mitgetheilt, dass der entwickelte Seitenzweig zwar auch im Querschnitt elliptisch ist, dass aber die lange Axe in die Mediane des Deckblattes zu liegen kommt (Fig. 13). Die Transformation des einen Körpers in den anderen vollzieht sich nun gleich dem Vorkommen bei den meisten Dicotylen dadurch, dass das Maximum des Zuwachses in der auf das Deckblatt zu gelegenen Hälfte stattfindet. Wie nun der Erfolg bei den Dicotylen der ist, dass die beiden ursprünglich transversal gestellten Primärblätter zu axoskoper Convergenz gelangen, so wird auch bei *Calla palustris* durch den gleichen Process dasselbe Resultat erzielt: das zweite Blatt wird stark nach hinten verschoben.

Warum wird nun aber durch diese Transformation das adossierte Vorblatt aus seiner Lage nicht ebenfalls verschoben? Ich habe oben auseinandergesetzt, dass es bezüglich der Anheftung desselben zwei Möglichkeiten giebt. Entweder sitzt es an der Mutteraxe und dann kann es selbstverständlich von den Veränderungen, welche der Tochterspross erfährt, nicht ferner beeinflusst werden. Oder es befindet sich an dem Tochtersprosse und dann wird es in seiner Lage ebenfalls nicht gestört, weil es einen Platz in der Mediane des Sprosses einnimmt. Bei einem zu beiden Seiten der Mittelebene symmetrisch sich vollziehenden Wachsthumsprocesse nämlich wird die Lage eines in der Mediane befindlichen Punktes nicht alteriert. Ich habe mir zwar notiert, dass das adossierte Vorblatt an der Mutteraxe befestigt sei, habe aber versäumt, eine Zeichnung davon aufzunehmen. Gegenwärtig stehen mir die geeigneten Zustände nicht zur Verfügung, ich bin also nicht im Stande, nochmals die Angelegenheit zu controllieren. Wenn ich auch empfehle, den Sachverhalt festzusetzen, so bleibt er da an dem gefundenen Resultate nichts geändert wird, ohne Belang. Wie sich die Dinge bei den übrigen Pflanzen, von denen eine superponierte Stellung von Laubblättern angegeben wird, verhalten, kann ich wegen Mangels an eigenen Beobachtungen nicht angeben. Für *Tofjeldia* vermuthe ich, dass die Erklärung auf ähnliche Verhältnisse herauslaufen wird, wie bei *Calla*, wahrscheinlich wird eine von mir beobachtete doppelte Superposition durch die Verschiebung der beiden ersten Blätter, die nach dem adossierten Vorblatte erscheinen, erzeugt werden.

Bevor ich die Blattstellung von *Costus* verlasse, muss ich noch auf eine Erklärung derselben eingehen, die von Hofmeister* gegeben

* Hofmeister, Allgemeine Morphologie 499.

worden ist. Ich habe dieselbe bei den Versuchen, die Stellung der Blätter in gewundenen Zeilen zu erklären, nicht namhaft gemacht, weil sie von keinem Einflusse auf die Entwicklung der Phyllotaxie gewesen ist; ich finde sie in keinem der späteren Bücher über Morphologie erwähnt. Während, wie ich oben bereits sagte, HOFMEISTER die Bedeutung der scheidigen Basen für die distichen Blattstellungen sehr wohl erkannt hat, während er selbst über die weiter unten zu behandelnden Verhältnisse durchaus bemerkenswerthe Beobachtungen gemacht hat, scheint er mir bezüglich der Disposition der *Costus*-blätter weniger befriedigende Anschauungen zu entwickeln. Bezüglich der Herbeiführung von Divergenzen, die kleiner als $\frac{1}{3}$ sind, äussert er sich folgendermaassen: »Wird die Entwicklung neuer Blätter beschleunigt, verkürzt sich die Frist, nach deren Ablauf ein neues Blatt über die Stengelaussenfläche hervortritt, während das Breitenwachsthum der Basen der jungen Blätter seine Intensität nicht verändert, so hat dies zur Folge, dass eine grössere Zahl junger Blätter das nackte Axenende umsteht, als zuvor: statt 3 z. B. 4; es wird ein neues Blatt gebildet, bevor die beiden nächstniedrigen ihre Basen auf ein Dritttheil des Stengelumfanges verbreitert haben. Damit ist ein Stellungsverhältniss begonnen, dessen Divergenzwinkel kleiner ist als $\frac{1}{3}$. Bei einer Anzahl von Gewächsen vollzieht sich eine noch schleunigere Bildung neuer Blätter der Seitenzweige; es treten in rascher Folge, nahezu gleichzeitig, eine Vielzahl neuer seitlicher Wachsthumsrichtungen im Axenende auf. Sie bilden Stellungsverhältnisse, die nach kleineren Divergenzen als $\frac{1}{4}$ des Stengelumfanges geordnet sind«.

HOFMEISTER hat in die Ursachen der Blattstellungen einen Factor eingeführt, der offenbar ohne jeden Einfluss sein muss, nämlich die Zeit, welche zwischen der Anlage eines Blattes und derjenigen des folgenden verstreicht. Die Anlage der Blätter, welche bedingt wird durch die Asymmetrie der Blattscheide, bleibt aber vollkommen dieselbe, mag die Knospe von *Costus* während der Ruheperiode in sehr langsamer Folge ein Phyllom nach dem andern ausgliedern, oder mag sie dieselben mit Beginn wieder erhöhter Wachsthumsthätigkeit in schnellerer Folge entwickeln. In dem einen wie dem anderen Falle wird eine asymmetrische Scheide erzeugt und in der Lücke zwischen den Scheidenrändern entsteht die Spitze des neuen Blattes. Mit einer Verzögerung in der Bildung des Blattwalles geht eine Verminderung der Thätigkeit des Vegetationskegels, Neubildungen anzulegen, Hand in Hand. Aus diesem Grunde fällt die Zeit vollkommen aus der Betrachtung heraus. Die ganze Theorie ist in Bezug auf die Neubildungen von Organen mit kreisförmigen Querschnitten ohne scheidigen Grund,

welche die normal spiraligen Anreihungen erzeugen, unrichtig, denn bei ihnen findet eine Verbreiterung der Basen in dem Hofmeister-schen Sinne überhaupt nicht statt und Schwendener* hat vollkommen Recht, wenn er diesen Theil der Blattstellungslehre von Hofmeister zurückwies und eine Einwirkung der Blattbasen auf die Orte der Neubildung leugnete.

Die Beschreibung, welche Hofmeister für die Ausgliederung der *Costus*blätter, bei denen die scheidige Basis allerdings von ursächlicher Bedeutung ist, giebt, habe ich ganz und gar nicht verstanden, trotzdem sie von einer Zeichnung begleitet ist. Er sagt, dass bei dieser Gattung zunächst ein bis zwei »Abschnitte« eines Stellungsverhältnisses mit inconstanten Divergenzen etwa nach $\frac{1}{3}$ auftreten und dass dann die Aufeinanderfolge der Blätter stark beschleunigt wird. »Es treten in rascher Succession drei Blätter über die Fläche der Endknospe, welche mit dem letzten Blatte des dreigliedrigen Umganges in die Peripherie der Endknospe sich theilen, einen gegen die Axe geneigten viergliedrigen Wirtel darstellend. Nach der Anlegung desselben tritt über die Lücke zwischen seinem ersten und vierten Blatte — der weitesten der vorhandenen vier Lücken — ein fünftes Blatt hervor. Fortan ist das Axenende fürs erste von fünf jungen Blättern umstanden, deren jüngstes mit der einen Seitenhälfte vor den Seitenrand des ältesten greift, die Divergenz sinkt von $\frac{1}{3}$ zunächst auf $\frac{1}{5}$ (weiterhin bis auf $\frac{1}{9}$).

Auch hier ist ohne Zweifel der besondere Nachdruck auf die Geschwindigkeit gelegt und die Meinung vertreten, dass sie die Ursache der Wirtelbildung wäre. Wenn Hofmeister behauptete, dass der Platz zwischen dem ältesten und jüngsten Blatte die grösste Lücke am Vegetationskegel darstelle, so lehrt seine eigene Figur das Gegentheil. Direct bei dem ersten Blatte befindet sich vor der Kappe, mit der jenes älteste Blatt wiedergegeben ist, ein viel grösserer freier Raum an dem Scheitel.

Die Darstellung Hofmeister's beruht aber ganz bestimmt auf einer fehlerhaften Beobachtung. Ich habe von 5 Arten der Gattung *Costus* im Ganzen etwa 30 Sprossgipfel untersucht, niemals aber ein solches Bild gesehen, wie er es abgezeichnet hat. Die Ursache dafür, dass er ein Präparat von der mitgetheilten Form zu Gesichte bekam, ist schwer zu ermitteln. Ich kann nur vermuthen, dass er es sich durch successive Querschnitte von der Spitze aus hergestellt und es dann mit Kalilauge durchsichtig gemacht hat. Dieses Verfahren ist aber durchaus nicht empfehlenswerth, weil die sehr zarten Contouren der Scheiden-

* Schwendener, Mechanische Blattstellungstheorie 8.

ränder leicht verschwinden und weil die Blätter aus der ursprünglichen Stellung durch das aufgelegte Deckglas verquetscht werden. Fast möchte ich glauben, dass das von ihm für das älteste Blatt genommene Phyllom das jüngste und zugleich das einzige in dem Systeme ist, welches kappenförmige Gestalt hat und den Vegetationskegel überdacht. Die anderen sind vielleicht die Reste quer durchschnittener älterer Blätter, das eine möglicher Weise auch der Ringwall eines jüngeren Phylloms.

Wie dem nun auch sein mag, zweifellos ist das Bild nicht richtig und die darauf aufgebaute Erklärung unzukömmlich. Die Entstehung der Blätter geht nach meinen umfangreichen Erfahrungen nur dergestalt vor sich, wie ich oben beschrieben habe, und aus ihr kann ich nur die ursächliche Begründung über die Blattstellung ableiten, welche ich gegeben habe. Mit der Festsetzung der asymmetrischen Basis als bedingende Ursache ist gegenwärtig der Causalreihe ein Ziel gesetzt. Wenn nun unser Verstand in demselben Augenblicke, in dem die Frage nach der Ursache beantwortet ist, die neue erhebt, wodurch wird die asymmetrische Ausbildung der Scheide bedingt? so können wir darauf keine andere Antwort geben, als dass wir die Ursache in erblich übertragenen Besonderheiten erblicken müssen.

Ueber die Entstehung der Blätter, die in 2 gewundenen Zeilen den Stengel umkreisen, habe ich nur eine sehr wenig umfangreiche Erfahrung gewonnen. Gerade die Gruppe von *Aloë*-Arten, an denen sie ohne besondere Schwierigkeiten verfolgt werden kann, befand sich in der Sammlung des botanischen Gartens in Berlin nicht in der Verfassung, dass eine grössere Anzahl von Pflanzen abgebbar war. Aus diesem Grunde konnte ich nur 2 Stöcke untersuchen, als sie in der lebhaftesten Entwicklung waren, nämlich je einen von *Aloë maculata* und *A. plicata*. In der Zeit, wo diese Arten noch zweizeilige rein distiche Blattsysteme entwickeln, bieten dieselben in dem Vegetationskegel den Anblick, welchen Fig. 14 wiedergiebt und der sich im Wesentlichen von jenen Vorkommnissen, die bereits von den *Iridaceen*, *Amaryllidaceen* und *Gramineen* her bekannt sind, nicht unterscheidet. Jedes Blatt erfährt auf der Seite, welche dem Orte der späteren Spreite gegenüberliegt einen scheidigen Verschluss und das nächste f^2 stellt sich derartig, dass der höchste Punkt desselben, also der erste Anfang der Neuanlage genau über die tiefste Stelle der Scheidenöffnung fällt. Es nimmt somit den von dem Scheitel möglichst entfernten Punkt des Vegetationskegels in der einzigen Lücke an demselben ein.

Später, wenn die Disposition in gewundenen Zeilen gewonnen worden ist, zeigt sich ein ganz anderes Bild (Fig. 15). Eine Asym-

metrie in dem Querschnitte des Blattes f^1 macht sich in auffallendem Maasse bemerkbar. Die scheidige Basis ist zwar auch wieder entwickelt, aber ein Hauptschnitt durch die dickste Stelle des Blattes, welche zugleich der Punkt ist, mit dem die Neubildung zuerst an dem Vegetationskegel hervortritt, trifft nicht den tiefsten Punkt der Scheide, sondern dieser liegt seitwärts davon. Indem nun nach ganz der gleichen Weise, welche ich für *Costus* bestimmt habe, das nächste Blatt diesen Platz mit seiner Spitze einnimmt, wird eine Abweichung von der Distichie gewonnen, die abhängig ist von der Asymmetrie des vorigen Phylloms.

Der Vegetationskegel liegt stets eingebettet in einer Vertiefung des letzten so weit entwickelten Blattes, dass dieses den Scheitel der Pflanze überragt. Er ist von nahezu ellipsoider Gestalt, hat aber keinen gleichmässig auf beiden Seiten gekrümmten Mantel, sondern er fällt auf der Seite, an der sich die vorletzte Anlage befindet, steiler ab, als an der, welche soeben das letzte Blatt angelegt hat (Fig. 16). Dort, wo die beiden Flächen zusammenstossen, konnte ich einen zwar schwachen, aber doch deutlichen Kamm nachweisen, der dem Berührungsrande des Blattes f^1 in Fig. 15 entsprach, der also ohne Zweifel durch den Contakt mit diesem Blatte erzeugt worden war.

Aus den von mir mitgetheilten Wahrnehmungen geht hervor, dass die Stellung der Blätter jener Arten aus der Gattung *Aloë* in weiterem Sinne, die durch zwei gewundene Zeilen charakterisiert werden, von Anfang an vorhanden ist und nicht erst durch eine Torsion der Stammspitze gewonnen wird. Die Bilder, welche Pflanzen mit noch disticher Stellung der Blätter am Vegetationskegel aufweisen, sind von denen, welche Individuen mit in gewundenen Zeilen gestellten Blättern entnommen worden sind, so verschieden, dass ein Zweifel an der Richtigkeit dieser Thatsache völlig ausgeschlossen ist.

Eine andere Art der Gattung *Aloë*, die *Aloë pumila*, führt uns nun über zu denjenigen Gewächsen, bei welchen die Blätter in drei gewundenen Zeilen stehen. Eine Betrachtung der Fig. 17 zeigt uns, dass die Anlagebedingungen im Wesen ganz die nämlichen sind, welche bei der vorigen Art und auch bei *Costus* vorlagen. Der Vegetationskegel wird von dem letzten Blatte scheidig umklammert, bei der offenbaren Asymmetrie der Anlage ist der Ort, welcher die tiefste Stelle an jenem frei lässt, abhängig von dem Maasse der Ungleichheit beider Blattseiten. Natürlich muss der Quotient derselben ausgedrückt durch ein gemeinschaftliches Maass eine andere Grösse geben, als bei den vorher betrachteten Pflanzen, denn sonst könnte die Stellung, welche wiederum dadurch entsteht, dass der tiefste Punkt von der

Neubildung besetzt wird, von denen der *Costus*-Arten oder der *Aloë plicata* nicht verschieden sein.

Ich beabsichtige nun im folgenden die Anlage von Blättern am Vegetationskegel von *Pandanus* zu prüfen, wobei in einigen Hinsichten von den bisherigen Erfahrungen abweichende Ergebnisse erwachsen werden. Ich will ganz kurz noch einmal darauf hinweisen, dass Sachs auf Grund seiner Untersuchung an Knospen gemeint hatte, in dieser Gattung ständen zuerst die Blätter in drei Orthostichen, und eine Torsion unterhalb der »jüngsten« Blätter führte die spätere Auffächerung herbei. Ich machte dagegen darauf aufmerksam, dass auch die folgende Möglichkeit vorliegen könnte: Die Blätter werden gleich von Anfang an so angelegt, dass die spätere definitive Divergenz die ursprüngliche ist; indem aber den längsgefalteten Blättern durch die eigenthümliche Knospenlage ein Bestimmungsraum geboten wird, legen sich die Phyllome mit ihren Rückenkielen in die Hohlkanten der schlanken dreiseitigen Pyramide. Auch hier muss eine Drehung stattfinden; die von mir angenommene, welche sich in den viel leichter beweglichen Blättern vollzieht, scheint ungezwungener zu sein, als eine Torsion der Axe, die überdies durch die wirkliche Beobachtung nicht nachweisbar ist.

Meine fernere Untersuchung wird sich zweckmässig in zwei Theile zerlegen lassen: einmal werde ich zu zeigen haben, in welcher Divergenz die dem Vegetationskegel nächsten Blätter von einander abstehen, und zweitens werde ich versuchen, die Anlagebedingungen für die Blätter am Vegetationskegel bez. ihre Contakte zu ermitteln.

Aus leicht verständlichen Rücksichten ist es nicht wohl möglich, einen ansehnlichen Stamm der grossblättrigen *Pandanus*-Arten der Untersuchung zum Opfer zu bringen; ich habe mich deshalb begnügen müssen, jene kleinblättrigen, reichliche Seitensprosse erzeugenden Arten zu benutzen, die häufig in den botanischen Gärten cultiviert werden, und bediente mich zu diesem Behufe der Aeste von *P. Veitchii* Lem., *P. caricosus* Krz., *P. gramineus* hort. und *P. nitidus* Krz., endlich eines sehr kräftigen, über 1 m langen Triebes der *Freycinetia insignis* Bl. Ehe ich an die Untersuchung ging, überzeugte ich mich, dass das betreffende Exemplar wirklich schon die schraubig gewundenen Zeilen in voller Entwicklung zeigte. Diese Beobachtung ist nöthig, weil es Zweige giebt, die in den unteren Blättern genau orthostiche Stellung aufweisen, ja ich fand sogar an einigen Exemplaren, dass gegenwendige Schrauben in den beiden zum Deckblatte des Zweiges dorsal gestellten Blattzeilen vorkommen konnten. Ich werde in dem letzten Abschnitte dieser Abhandlung über die Blattstellung genauer die Frage nach den fixen Punkten zu erörtern unternehmen, von

denen aus die Divergenzen gemessen werden. An diesem Orte sei nur so viel bemerkt, dass ich den einen derselben in der Mitte des Rückennerven jedes Blattes wählte. Dies kann um so leichter geschehen, als man bei einem sorgfältigen Abtragen der jüngsten Blätter auf dem Sprossscheitel den Ansatz jedes Phylloms sehr scharf erkennen kann. Sämmtliche Blätter umfassen, die allerjüngsten Anlagen ausgenommen, den weiter central liegenden Blattcomplex mit scheidiger Basis. Dort, wo sich der Mittelnerv befindet, oder wo er sich später ausbilden wird, ist das Blatt am dicksten und da diese Stelle von dem Centrum am weitesten entfernt ist, lässt sie sich leicht mit hinreichender Sicherheit fixieren. Um den zweiten Fixpunkt, von dem aus die Divergenzstrahlen zu ziehen sind, zu bestimmen, muss ich zunächst auf Taf. I, Fig. 18 hinweisen. Das Tetraëder, dessen Seiten mit den Buchstaben f^5, f^5 und f^6 bezeichnet sind, stellt den Gipfel eines Sprosses von *P. Veitchii* dar mit seinen letzten Blattanlagen. Der Complex besteht aus zwei sichtbaren Blättern, von denen die beiden Flanken des Blattes f^5 gesehen werden, während von f^6 nur die eine sichtbar ist, während die andere von der rechten* Hälfte des Blattes f^5 überdeckt wird, nur ein sehr kleines Theilchen der linken Flanke ist noch eben gerade zu erkennen. Ich habe die äusseren Contouren der Blätter f^1, f^3 und f^4 mit möglichster Genauigkeit um die Stellen abgezeichnet, welche die Berührung der Blattkante mit dem Stammscheitel darstellen.

Als zweiten centralen Fixpunkt bietet sich in diesem System, ich möchte sagen, von selbst der Scheitel jener kleinen, innersten Blattpyramide dar, von welchem die drei Kanten der Pyramide in radialer Richtung ausstrahlen und zur Messung förmlich auffordern. Diese drei Kanten sind folgende: zwischen f^5 und f^5 verläuft die dickste Stelle des Blattes, in der später der Rückennerv ausgebildet wird, die zwei anderen sind die Flankenränder des Blattes f^5. Zieht man nun von dem Centrum aus die Divergenzstrahlen durch die Punkte *a* und *b*, von denen der erste in dem Mittelnerv von f^1, der zweite in dem von f^4 liegt, so bemerkt man sogleich, dass dieselben nicht zusammenfallen, sondern einen Richtungsunterschied von beiläufig 11° bilden. Um ungefähr denselben Betrag weicht die Kante des Blattes f^6 von dem Divergenzstrahl durch *c*, der zu f^3 gehört, ab.

Durch diese Thatsache ist erwiesen, dass bereits die ersten Blätter einer Orthostiche am Vegetationskegel in ihren Divergenzstrahlen Winkel bilden und dass sie nicht zusammenfallen. Die Annahme, dass die von Sachs vermuthete Torsion etwa bereits in solcher

* Rechts und links bestimmt sich dadurch, dass das Blatt von der Rückseite betrachtet wird.

unmittelbaren Nähe des Vegetationskegels Platz gegriffen hätte, ist nicht zulässig, weil ja ausdrücklich behauptet wird, dass die weiter aussen stehenden Blätter im Querschnitt orthostiche Lage haben, und weil gesagt wird, dass sie erst aus dieser durch die Torsion aufgefächert würden.

Bei den von mir untersuchten *Pandanus*-Arten ist die Abweichung der Blätter von der orthostichen Lage nur gering, denn der Winkel von 11° besagt, dass erst ungefähr das 16. Blatt der benachbarten gewundenen Zeile über einem Blatt der eigenen Zeile steht. In viel höherem Maasse wird die Ausweichung klar an den stärker gewundenen Parastichen, die z. B. im Schopfe von *Cyperus Papyrus* beobachtet werden. Ich habe einen Scheitel der genannten Pflanze, der nur drei Blattanlagen trägt, in Taf. I, Fig. 19 abgezeichnet, um dieses Verhältniss noch deutlicher zur Anschauung zu bringen. Zwischen der Blattstellung in drei gewundenen Zeilen von *Pandanus* und der von *Cyperus papyrus* ist dem Wesen nach kein Unterschied. Wenn jene durch Torsion aus orthostichen Dispositionen hervorgegangen ist, so kann für *Cyperus* eine andere Annahme nicht statthaft sein. Wäre aber bei *Cyperus* eine $\frac{1}{3}$ Stellung der Anlage nach vorhanden, so müsste die Kante des Blattes f^2 in den Verlauf der rechten Flankenlinie von f^1 fallen und diese Coincidenz hat, davon wird man sich leicht überzeugen, nicht statt. Gewöhnlich giebt man an, dass die Blätter bei den *Cyperaceen* nach $\frac{1}{3}$ disponiert seien, doch schon Hofmeister hat darauf hingewiesen, dass sie nicht in Orthostichen, sondern in gewundenen Zeilen stehen. Dass auch hier bereits von Anfang an Abweichungen von der Divergenz 120° vorhanden sind, beweist Taf. I, Fig. 20 und 21, welche einen Sprossscheitel von *Scirpus silvaticus* wiedergeben. Ich meine daher, dass die Annahme einer Torsion des Sprossgipfels mit dem ganzen zur Knospe zusammengestellten Blattschopfe bei den Pflanzen, deren Blätter in 3 gewundenen Zeilen stehen, nachdem sie schon bei der Betrachtung der ausgebildeten Sprossenden so gut wie unmöglich geworden war, nach der Untersuchung des Vegetationskegels nicht fernerhin haltbar ist.

Die Beantwortung der zweiten von mir gestellten Frage, welche sich mit der Festsetzung der Contakte für ein jedes Blatt beschäftigen soll, hat mir ganz aussergewöhnliche Schwierigkeiten gemacht. Ich habe während mehr als vier Jahren immer wieder die Angelegenheit in die Hand genommen, ehe ich zu einem, wie mir jetzt scheint, befriedigenden Abschlusse gelangt bin. Die Schwierigkeiten sind theils mechanische und liegen im Materiale, theils beruhen sie in ungewöhnlichen äusseren Erscheinungen der Platz greifenden Vorgänge.

Gleich anderen Pflanzen mit scheidigem Grunde stecken die jungen Blattanlagen von *Pandanus* dütenförmig ineinander, je zwei Blätter bilden einen Tetraëder von der Form, welche ich in Taf. I, Fig. 18 abgezeichnet habe. Ein volles Blatt mit seinen beiden Flanken macht 2 Seiten des Tetraëders aus, während die dritte, d. h. die Oeffnung, welche die ersteren zwischen sich lassen, durch die eine Flanke eines folgenden f^6 genau verschlossen wird. Die Basis wird endlich von dem Sprossscheitel selbst gebildet. Nun ist zwar der hier in Betracht und zur Behandlung kommende Körper im Verhältniss ungewöhnlich klein, die Kante der Pyramide, welche durch das letzte, bereits kappenförmig den Vegetationskegel überdeckende Blatt dargestellt wird, misst 0,15—0,18 mm; hat man sich aber die zu solchen Untersuchungen nöthige Handfertigkeit verschafft, so wird man leicht im Stande sein, diese Unbequemlichkeit zu beseitigen. Viel empfindlicher ist der Uebelstand, dass die Entfernung der letzten, innersten Blätter in der Regel nicht derart gelingt, dass die Stellung derselben noch durchaus scharf erkannt werden kann. Man vermag nur mit Hülfe von sehr scharfen Nadeln zum Ziele zu kommen, indem man von aussen her die Blattflanken anritzt, das Blatt selbst nach rückwärts biegt, abbricht und so einen Rest desselben stehen lässt, den man mit den weiter innen befindlichen Blattanlagen in Vergleich setzt.

Die Uebersicht über die am Scheitel eines *Pandanus*sprosses vorliegenden Verhältnisse wird besonders durch die Form des Vegetationskegels erschwert. Ehe man die Ueberzeugung gewinnt, dass an dem Körper, welchen ich in Taf. I, Fig. 22 abgezeichnet habe, keine durch die Präparation bedingte Zerstörung stattgefunden hat, muss man sehr viele solcher, mit aller Sorgfalt hergestellter Objekte gesehen haben.

An dieser Figur wird nun der Contakt klar: die Anlagebedingungen für das Blatt f^4 werden geschaffen durch die rechte Flanke von f^2 und die linke von f^3, gerade so wie offenbar vorher f^3 in die Lücke getreten ist, die zwischen der rechten Flanke von f^1 und der linken von f^2 vorhanden gewesen ist. Der Ort der Anlage ist aber nicht blos der einzige freie Platz in dem Systeme, sondern er liegt auch am weitesten von dem Scheitelpunkte des Vegetationskegels entfernt, ein Umstand, der leicht daraus erschlossen wird, dass die beiden Blattflanken in abnehmender Grösse nach ihren Rändern hin den Kegel umklaftern.

Die Thatsache, dass der Vegetationskegel von *Pandanus* keine Kugelkalotte von normaler Form darstellt, ist sehr auffallend. Die Asymmetrie könnte Veranlassung dazu geben, dass man auch bei ihm eine Torsion anzunehmen geneigt wäre. Wenn nämlich das nächste

Blatt ausgegliedert sein wird, haben sich, darüber ist kein Zweifel, in dem Scheitel Wachsthumsverhältnisse geltend gemacht, die damit enden, dass er zwar dieselbe Form wieder aufweist, dass aber jene Spitze vor der Hohlkante von f^1 nun nach f^2 weist, wobei natürlich die Divergenz nicht 120° beträgt, sondern um den Zuschlagswinkel grösser ist, welcher die Stellung der Blätter in gewundenen Zeilen bedingt. Kann man nun diese successive Lagenveränderung mit dem Namen Torsion bezeichnen? Ich glaube nicht. Allerdings befinde ich mich durch diese Entscheidung der Frage mit Sachs nach einer gewissen Richtung hin im Widerspruche, und deswegen will ich den Punkt noch ein wenig näher beleuchten.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass die in drei Orthostichen gestellten Moosblätter ihre Disposition dadurch gewinnen, dass in einer tetraëdrischen Scheitelzelle Wände entstehen, die parallel mit den nach unten geneigt gestellten Wänden successiv auftreten, und dass aus jeder hierdurch erzeugten Zelle ein Blatt wird. Die Moose dagegen, welche ihre Blätter in drei gewundenen Zeilen angeordnet haben, erlangen diese Stellung durch schräg und nicht parallel gestellte Wände. Vorausgesetzt nun, dass die Ansätze der neuen Zellwände zu den Abmessungen der alten bestimmte Verhältnisse einhalten, so werden die Querschnittsareale der aufeinander folgenden Vegetationskegel durch eine bestimmte Höhe des Tetraëders congruent sein. Sind dieselben nun gleichschenklige oder ungleichseitige Dreiecke, so wird die Spitze mit dem kleinsten Winkel in den aufeinanderfolgenden Phasen der Blattausgliederung von der vorhergehenden Lage um $120° + x°$ abweichen, wenn ich unter x den Winkel verstehe, welcher die Anreihung der Blätter in gewundenen Zeilen hervorruft.

Wie ich schon oben gesagt habe, äusserte sich nun Sachs* bezüglich dieser Scheitelzellen dahin, dass man das Verhalten als Rotation derselben um die Axe auffassen dürfe. Ich kann aber nicht umhin, dieser Anschauung widersprechen zu müssen, denn die Auffassung kann immer nur eine bildliche sein, wenn man sie überhaupt für wünschenswerth erachtet. Es vollzieht sich nur die Rotation einer gedachten Linie, eine materielle Drehung, d. h. eine Verschiebung realer Theile, findet aber nicht statt. Die Gewebe, welche die Ecke am Vegetationskegel von *Pandanus* zusammensetzen, werden ebenso wenig reell verschoben, als die Micellen in der Scheitelzelle eines Mooses eine kreisende Bewegung ausführen können.

An die Blattstellungen in drei gewundenen Zeilen von *Pandanus* möchte ich die ebenfalls ein wenig gedrehten Blattanreihungen in

* Sachs, Lehrbuch III. Aufl. 184 in nota.

drei Zeilen anschliessen, welche in den Blüthenständen einiger Monocotylen vorkommen. Ich habe von diesen *Canna* und *Musa* untersucht; da aber das Material der letzteren immerhin sparsam ist, ich konnte nur die Enden von 2 Kolben der *Musa rosacea* prüfen, so habe ich mich hauptsächlich an die erstgenannte Gattung gehalten. Alle Arten sind in der Entwicklung völlig gleich, es ist also nicht nöthig, eine bestimmte der ziemlich schwer zu unterscheidenden Formen von *Canna* namhaft zu machen.

Nachdem der Stengel von *Canna* eine Anzahl Blätter, die wegen der symmetrischen Entwicklung der scheidigen Basis eine streng distiche Stellung einhalten, hervorgebracht hat, läuft derselbe in eine Inflorescenz aus. Aus dem obersten Blatte und auch aus einigen der tiefer unten stehenden brechen Seitenzweige. Da die Sprossverkettung von Interesse ist, so will ich bemerken, dass jeder der letzteren Zweige mit einem adossierten Vorblatte seine Beblattung beginnt, auf welches wenigstens an der weiter entwickelten Axe ein rechts schief nach vorn gelegenes folgt. Durch ein drittes jenem ungefähr gegenüber, also schief links nach hinten gestelltes Phyllom ist dann meist die Zahl der Blätter abgeschlossen, zuweilen tritt aber noch ein viertes hinzu. Während die zwei ersten ausnahmslos steril sind, bringt das dritte bez. das vierte regelmässig einen Lateralstrahl hervor. Ueber die Blattstellung von *Canna* haben Al. Braun und Eichler Untersuchungen mitgetheilt. Die Sprossverkettungen in der floralen Region sind bis jetzt nicht berücksichtigt worden und doch verdienen sie eine erhöhte Aufmerksamkeit, weil sie Sympodien darstellen, die weder aus successiv distichen noch aus successiv decussierten Systemen, sondern aus einer inconstant spiralen abzuleiten sind. Das Blatt f^2, welches auf das adossierte Vorblatt f^1 folgt, divergiert nämlich um etwa 140°, das folgende f^3 steht von dem eben erwähnten um einen Winkel ab, der nahe an 180° kommt. In der Achsel dieses Phyllomes entwickelt sich der Fortsetzungsspross der Inflorescenz. Indem dieser sich später vergrössert, wird die Hauptaxe in die Achsel des Blattes f^2 hinübergedrückt und wird scheinbar lateral. Stände das fertile Blatt genau transversal, so würde bei der fortgesetzt gleichsinnigen Ausweichung eine Schraubel gebildet werden; befände es sich dagegen in derselben Lage wie das adossierte Vorblatt, so stände der Fortsetzungsspross axoskop und es müsste eine Fächel resultieren. Hier haben wir eine Zwischenstellung vor uns. Dieses Verhältniss ist in so fern wieder instructiv, als nicht die Ziffer des Blattes bedingt, welche Art von Monochasien entsteht, sondern allein die Lage des Fortsetzungssprosses zur Axe.

Die Schiefstellung der Ebene, welche durch die auf das adossierte

Vorblatt folgenden zwei Blätter gelegt werden kann, ist eine Eigenthümlichkeit vieler Lateralstrahlen an Monocotylen. Auch hier ist die Disposition ebenso wenig wie bei *Calla* bereits in der ersten Anlage entwickelt, sie wird vielmehr erst durch die Transformation der Axe gewonnen. Die Blätter f^1 und f^2 stehen zuerst fast genau transversal (Taf. I, Fig. 23 *Kn* und 24). Während aber dort f^1 bei *Calla* nach hinten tritt, fällt es bei *Canna* nach vorn. Aus dieser Thatsache geht hervor, dass das Maximum des Zuwachses, welches die Transformation und zugleich die Verschiebung bedingt, in phylloskoper Richtung geschehen muss.

Die Blätter, welche die bekannten Blüthenpärchen hervorbringen, umfassen die Spindel der Inflorescenz nicht vollkommen, sie nehmen vielmehr einen beträchtlich geringeren Theil des Axenumfanges ein (Taf. I, Fig. 25 f^5). Bald nachdem das Blatt entstanden ist, sieht man in Superposition zu ihm einen schmalen Saum sich abscheiden, der wieder wie ein Blatt aussieht (Taf. I, Fig. 25 if^4), der aber, wie der Vergleich mit weiter entwickelten Blättern zeigt, die Anlage einer Inflorescenz ist.

Diese Erscheinung ist sehr eigenthümlich und lässt sich nur dadurch erklären, dass das Blatt sogleich nach seiner Anlage stark gewölbt wird und einen Hohlraum bildet, in den der Rand des Vegetationskegels hineinwachsen kann. Das Inflorescenzprimord if^4 bez. if^5 und das Blatt f^5 bez. f^6 nehmen von allen Neubildungen die höchste Stelle am Vegetationskegel ein, sie sind somit die Contaktorgane, welche den Ort des folgenden Blattes f^6 in Fig. 25 und f^7 in Fig. 26 bestimmen, dessen Anlagen sich gerade in den mitgetheilten Figuren vorbereiten. Wenn wir die Primordien der Entstehung nach hintereinander schreiben, so bekommen wir folgende Reihe f^2 if^1 f^3 if^2 f^4 if^3 f^5 if^4 Verbinden wir dieselben durch eine Curve, so gewinnen wir das eigenthümliche Resultat, dass der Gang dieser Linie zu der Blattverbindungscurve f^2 f^3 f^4 f^5 gegenläufig ist.

Wer die Neubildungen an dem Scheitel von *Canna*, der unter den denkbar geringsten Schwierigkeiten aus der Knospe herausgeholt werden kann, mit Aufmerksamkeit betrachtet, das Präparat nach allen Richtungen dreht und den verschiedensten Beleuchtungen aussetzt, pem kann es nicht entgehen, dass die Blätter schief angeheftet sind. Die Seite nämlich, welche in der Verbindungscurve der Blätter allein nach dem absteigenden Curvenaste zu sieht, die anodische, ist ein wenig tiefer, d. h. weiter vom Centrum entfernt gelegen, als die kathodische. Ausser durch die direkte Beobachtung wird diese Thatsache dadurch verbürgt, dass die Inflorescenzprimordien an dieser

Stelle regelmässig etwas tiefer bez. breiter sind, als an der anderen Seite. Da nun die rechte Seite der Inflorescenz if^4 und die linke Flanke des Blattes f^5 als Contaktorgane für die Lage und die Grösse des Phylloms f^6 funktionieren, so ist es nothwendig, dass das letztere über den rechten Rand des Blattes f^4 hinweggreift, während es links an das benachbarte Blatt anstösst. Auf diesem Wege muss die Vorbereitung zu einer Anordnung der Blätter in drei gewundenen Zeilen gewonnen werden. Wäre die Stellung der ersten Blätter von einer Divergenz = 120° unter einander und fielen die Blattsäume, vorausgesetzt, dass Lage und Grösse der folgenden durch die Contakte mit den vorhergehenden Phyllomen in gleicher Weise bedingt würden, einander parallel, so würde die Folge genau wie bei den Moosen mit parallel gerichteten Theilungswänden der Scheitelzelle, eine Anreihung in drei Orthostichen sein. Da aber der folgende Blattsaum, bedingt durch das Auftreten des Inflorescenzprimords, seine Flanke bis zur Berührung mit jenem ausdehnt, so muss das neue Blatt zu dem in der Zeile vorausgehenden Blatt seitlich verschoben sein und die Stellung in drei gewundenen Zeilen wird uns ursächlich verständlich. In Taf. I, Fig. 26 ist die Disposition bereits in den drei Blättern f^1 f^4 f^7 bemerkbar ausgeprägt. Sie ist übrigens an *Canna* nicht allzu auffällig entwickelt und wird später noch undeutlicher, indem sich die Internodien sehr stark strecken und die Spindel der Inflorescenz durch die Anpressung der Blüthenpärchen scharf dreikantig wird. Ich war wegen der geringen Zahl von Seitenstrahlen an einer Inflorescenz nicht im Stande, das Blatt aus der Nebenzeile zu bestimmen, welches über das erste Deckblatt fällt.

In viel höherem Maasse erscheinen die Zeilen an den Blüthenständen von *Musa rosacea* gewunden. Leider habe ich meine Erfahrungen über die Anlagebedingungen der *Canna*bracteen erst später gesammelt, nachdem ich *Musa* schon untersucht hatte. Gegenwärtig steht mir das nothwendige Material, um die Angelegenheit in dem oben erwähnten Sinne nachzuprüfen, nicht zu Gebote. Aus den von mir früher gemachten Aufnahmen geht aber nahezu die Gewissheit hervor, dass bei *Musa* analoge Verhältnisse vorliegen dürften.

Die Bracteen stehen in drei stark gewundenen Zeilen, wobei an einem bestimmten Exemplare auf sechs Umgängen ungefähr 17 Blätter zu stehen kommen. Die Disposition ist indes nicht mathematisch genau, mit Hülfe von Ablothungen an den senkrecht gestellten, von Bracteen befreiten Spindeln beobachtet man, dass ein bestimmter Punkt der Narbe des Blattes f^0 nicht mit einem gleich gelegenen in der Narbe von f^{17} zusammenfällt. Dass sich die Divergenzen annähernd in den Ausdruck, den Al. Braun für die Blattstellungen in

drei gewundenen Zeilen festsetzte, $\frac{n+1}{3n+2}$ einfügen, ist mir nicht unwahrscheinlich, jedenfalls würden aber erst compliciertere Werthe wie $\frac{12}{35}$ oder $\frac{24}{71}$ das wahre Verhältniss genauer wiedergeben. Ich beobachtete die Entstehung der Blätter an den beiden untersuchten Exemplaren in gleicher Weise. Am wichtigsten ist die Thatsache, dass sie von der ersten Anlage an in stark gewundenen Zeilen stehen, wie die Betrachtung der Taf. II, Fig. 1 deutlich erkennen lässt, obschon an diesem Vegetationskegel nur neun Blätter mit ihren Achselprodukten entwickelt sind.

Ueber den Modus der Ausgliederung habe ich mir folgende Notizen gemacht: »Die Blattprimordien erscheinen in drei gewundenen Zeilen; sogleich nach ihrem Auftreten bemerkt man die flachen, langgestreckten Primordien der Achselprodukte. Sie werden von ihren Deckblättern lose umfasst, da sich die letzteren sehr früh beträchtlich nach aussen zu wölben«. Eine Schiefstellung der Blattnarben an der Inflorescenzspindel ist auch bei *Musa* nicht zu verkennen. Ich würde nach diesen Wahrnehmungen zu der Annahme geneigt sein, dass die Bedingungen für die Anlagen der Bracteen denen analog sein könnten, die ich für *Canna* nachgewiesen habe.

Ein Resultat aus den Untersuchungen an dem Vegetationskegel von *Canna* und *Musa* bleibt aber unter allen Umständen bestehen, dass nämlich die Blätter von Anfang an diejenige Stellung erhalten, welche sie später zeigen, dass sie nicht etwa zuerst in Orthostichen stehen und erst später durch eine Torsion unter den »jüngsten« Blättern in gewundene Zeilen übergeführt werden.

Wenn nun die Beschaffenheit der Scheide an den Monocotylenblättern die Stellung des folgenden Blattes bestimmt, und ich glaube diese Thatsache für die distichen Systeme und die Disposition nach $\frac{1}{n}$ bei *Costus* nachgewiesen zu haben, so sind auch noch andere Relationen als die bis jetzt besprochenen denkbar. Für *Costus* wird das Verhältniss der Scheidentheile, d. h. der Entfernung des einen Scheidenrandes bis zu dem Punkte der ersten Anlage resp. der Spitze des Blattes und derjenigen von der anderen Flanke bis zu demselben Punkte ausgedrückt werden durch den Quotienten $\frac{1}{n-1}$; bei der $\frac{1}{6}$ Stellung z. B. wird die eine Flanke 1 messen, während die andere $= 5$ ist. Zwischen dem Scheidenquotienten $\frac{1}{1}$ bei den distichen Systemen und den kleinen Brüchen, die bei *Costus* gefunden werden, sind aber die Relationen für sämmtliche Blattstellungsverhältnisse einzuschalten und es wäre wohl denkbar, dass durch scheidig entwickelte Blattbasen Annäherungen an alle möglichen von Braun

berücksichtigten phyllotaktischen Relationen entstehen könnten. Einzelne derselben sind mir aus der Reihe der Monocotylen bereits bekannt. So z. B. sind die Stellungen in zwei und drei schraubig gewundenen Zeilen bei *Aloë maculata* und *pumila* sicher mit einer asymmetrischen Scheidenentwicklung in Verbindung zu setzen, desgleichen entstehen den spiralen ähnliche Blattanreihungen bei *Crocus* in Verbindung mit der scheidig ausgebildeten Basis. Ich habe aber, wie ich unten zeigen werde, in der letzten Gattung keine derart constanten Divergenzwinkel gefunden, dass ich einen ganz bestimmten Ausdruck für die dort herrschende Phyllomanreihung angeben könnte. Die Möglichkeit, dass die Scheidenquotienten variabel sind, ist keineswegs ganz ausser Acht zu lassen, denn in derselben Art von *Costus* wechseln die Divergenzen nach den verschiedenen Exemplaren ganz sicher und ich glaube nicht irre zu gehen, wenn ich meine, dass ich die Abweichungen der sämmtlichen Blätter an demselben Sprosse unter sich nicht völlig gleich gefunden habe. Indes sind die exakten Messungen vorläufig nicht so weit gediehen, dass ich ein ganz sicheres Resultat mitzutheilen im Stande wäre. Schätzungen durch das Augenmaass sind aber so unzuverlässig, dass dieselben besser bei Seite gelassen werden. Dieser Gegenstand ist deshalb einer genauen und sorgfältigen Prüfung bedürftig.

Alle die bisher betrachteten Stellungen mit asymmetrischen Blattbasen haben das gemeinschaftliche Merkmal, dass die Scheiden gleichsinnig asymmetrisch sind. Wir können uns aber auch den Fall denken, dass die Asymmetrie in ihren Abmessungen wechselt. Die Folge davon muss sein, dass bei constanten Scheidenquotienten die Blätter an der Axe dorsiventrale Lage annehmen. Ich habe dieses Vorkommen an einer Art von *Amomum* aus Afrika nachgewiesen, die ich leider, weil sie bisher nicht geblüht hat, nicht zu ermitteln vermochte. In Taf. I, Fig. 27 und 28 habe ich von einer 4 mm hohen Knospe die ersten Blattanlagen abgetragen, da sie wie bei allen Monocotylen die definitive Anreihung nicht von Anfang an aufweisen, sondern ihre Lage durch Transformation des Sprosses gewinnen. Die Blätter f^1, f^2 und f^3 zeigen aber durch die gegensinnige Stellung der Scheidenöffnungen die Asymmetrie der Ränder in deutlicher Weise. Noch klarer wurde die Sachlage auf Querschnitten durch ältere Knospen. Ich bestimmte auf ihnen mit Hülfe des Maasstabes die dicksten Stellen der Querschnitte, die auch hier die Lage des späteren Mittelnerven anzeigen, und erhielt, indem ich die Mitten der Maximalausdehnungen verband, zwei Curven, die aber nicht gleich, sondern gegenläufig waren. Die breitesten Stellen befanden sich ausnahmslos dort, wo sich die Scheidenränder übergriffen, die Blätter

hatten demgemäss ihren Ursprung, wie uns auch die Beobachtung am Vegetationskegel gezeigt hat, dort wo die Scheidenränder zwischen sich eine Lücke gelassen hatten.

Die Dorsiventralität ist in der ersten Anlage viel sinnfälliger, als sie an dem entfalteten Sprosse von *Amomum* ist, denn bei jenem sind die Unterschiede in der Divergenz der Blätter auf der Licht- und Schattenseite wenig erheblich. Was nun die Stellung der Blätter zum Deckblatte anbetrifft, so ist dieselbe ähnlich derjenigen, welche wir bei der ebenfalls dorsiventral gebauten *Calla palustris* kennen gelernt haben. Der Hauptschnitt durch die Knospe, welcher die Symmetrale des Sprosses darstellt, schneidet die Mediane des Deckblattes unter einem spitzen Winkel, so dass die eine Blattreihe schief nach oben, die andere schief nach unten zu liegen kommt. Wenn dann der Tochterspross auswächst, was in ungefähr senkrechter Richtung zur Mutteraxe geschieht, so ist kaum eine Drehung nöthig, um die Blätter sämmtlich zenithwärts zu stellen.

d. Einige verwandte Blattstellungen bei den Dicotylen.

Bei den Dicotylen wird die Anreihung der Blätter in den allermeisten Fällen dadurch bewirkt, dass jede Neubildung in ihrem Orte durch den Contakt mit mindestens zwei älteren Organen bestimmt wird. Die Aufgabe, aus diesen Contakten die phyllotaktischen Verhältnisse zu ermitteln, ist von Schwendener bereits in endgültiger und musterhafter Weise in seiner mechanischen Blattstellungstheorie gelöst worden. Es giebt aber auch unter den Dicotylen Blätter, welche mit ihrer Basis die Axe soweit umfassen, dass der pleiomere Contakt aufgehoben wird. Hier wird wie bei vielen Monocotylen durch die Flanken nur eines einzigen Blattes der Ort der Neubildung festgesetzt. Welchen morphologischen Charakter jener die Axe umfassende Blatttheil hat, ist völlig gleichgültig, wenn er nur die Wirkung ausübt, welche von Bedeutung ist. So kann z. B. eine Scheide in der Gestalt entwickelt sein, welche bei den Monocotylen so häufig auftritt; oder es kann die Modifikation vorliegen, welche wir als Ochrea bezeichnen, oder endlich übernehmen grosse Nebenblätter die Funktion, den Contakt der äusseren Blätter auszuschliessen.

Beginne ich wieder mit den rein distichen Systemen, so liefern die *Vitaceen* bekannte Beispiele für die dicotylen Sprosse mit rein zweizeiliger Stellung der Blätter. Ich habe *Vitis riparia* Michx., *V. montana* hort., *Vitis vinifera* L. auf die Entstehung der Blätter hin geprüft und bei allen denselben Entwicklungsgang verfolgt. Der Höcker, welcher die erste Anlage des Blattes ausmacht, umfasst mit seiner

Basis den Scheitel (Taf. II, Fig. 2 f^2, von *Vitis riparia* genommen), so dass der Punkt, welcher der Mediane gerade gegenüberliegt, den besten, ja den einzig möglichen Platz für die Anlage eines neuen Blattes f^3 darstellt. Die beiden Flanken bilden später keine Scheide, ein vollkommener Verschluss wird gegenüber der Mittellinie des Blattes auch niemals vollzogen; die Lappen werden vielmehr später zu den grossen Nebenblättern, die nach dem Austriebe des Sprosses sehr bald in Wegfall gerathen.

Die ursächlichen Bedingungen dürfen niemals schablonenhaft betrachtet werden, sondern jeder Fall muss für sich studiert und entwicklungsgeschichtlich verfolgt werden. Ein äusserst interessantes Beispiel, das für die ganze Blattstellungslehre von Wichtigkeit ist, liefert nach dieser Hinsicht *Amicia zygomeris* DC. Die Pflanze, welche durch ihre ungewöhnlich grossen Nebenblätter ein sehr auffälliges Aussehen gewährt, wird in Berlin jedes Jahr als Schmuckpflanze in einer Gruppe ansehnlicher Stauden cultiviert. Als ich sie betrachtete, meinte ich, die Nebenblätter müssten unbedingt von bestimmendem Einflusse auf die Blattstellung sein, und ich erwartete deshalb, an ihr die Distichie regelmässig ausgebildet zu finden. Um so mehr war ich überrascht, als mir die Pflanze neben dem häufigeren Vorkommen wirklich zweizeilig gestellter Blätter zwischen jenen beträchtliche Abweichungen aufwies. Plötzlich, ohne dass eine äussere Veranlassung dazu erkennbar war, stand ein Blatt von dem vorhergehenden nach dem Augenmaasse um ungefähr 90° oder 120°, 140° ab und zwar mit einer solchen Regellosigkeit, dass die Kunst jedes Taxonomen an der Pflanze scheitern musste. Ich kenne fast kein Gewächs, das die Inconstanz der Blattstellung in solchem Maasse zeigt, wie *Amicia zygomeris*. Dass diese Abweichungen von der zu erwartenden Distichie in bestimmten mechanischen Verhältnissen begründet sein mussten, war mir ausser allem Zweifel und ich untersuchte deshalb die Entwicklungsgeschichte des Laubsprsoses.

Die Spitze des Sprosses ist in einer Tasche verschlossen, welche durch die beiden mit einander auf der ganzen Ausdehnung der Ränder verbundenen Nebenblätter gebildet wird. Die Verbindung wird durch denselben Process bewirkt, welcher die Staubbeutel der *Compositen* zusammenhält. Sie sind durch einen Kitt, der von den randlichen Epidermiszellen ausgeschieden wird, vereinigt. Die Tasche wird aufgesprengt, indem der beilförmige, eingeschlossene Knospencomplex mit seiner oberen Schneide die Verbindung löst. Zieht man die äusserste Tasche nach unten, so dass die Schneide gegen die Verbindungsstelle wirkt, so genügt ein sehr geringer Zug, um die Knospe durch die Tasche hindurch zu führen. Hat sich die Knospe den Weg

ins Freie gebahnt, sind also die Schutzdecken überflüssig geworden, so schlagen sich die Nebenblätter zurück und fallen bald unter Collaps ab.

In der Achsel jedes Blattes befindet sich eine Seitenknospe, welche sich aus dem Achselgrunde senkrecht erhebt, sie steht weder mit der Axe noch mit dem Blatte in Contakt. Die ersten zwei Blätter, welche an ihr wahrgenommen werden, stehen ausnahmslos schief zum Deckblatte und zwar liegt das erste entweder rechts oder links axoskop; man kann die Stellung am besten aus den grossen Stipeln erkennen, welche sehr bald so weit heranwachsen, dass sie sich in einer über den Scheitel verlaufenden Linie berühren, die mit der Mediane der Primärblätter zusammenfällt. An den von mir untersuchten, von mehreren Individuen stammenden Scheiteln fand ich fast ausnahmslos, dass diese Linie von links hinten nach rechts vorn verlief, nur sehr selten lässt sich die umgekehrte Lage antreffen. Die nach der gewöhnlichen Art der *Papilionaceen*blätter zusammengefalteten Deckblätter der Knospen sind axenwärts eingeschlagen und liegen zwischen einem der eigenen Nebenblätter und dem benachbarten des folgenden Blattes. Mit fast noch grösserer Regelmässigkeit als der Verlauf der Berührungskanten des ersten Stipelpaares liegt die Spreite am eigenen linken Nebenblatte.

Macht man einen Querschnitt durch die Knospe, der möglichst nahe über dem Vegetationskegel hinweg geht, der also recht viele Nebenblattpaare trifft, so sieht man, dass schon jetzt viele derselben gegen die Medianen der vorhergehenden Blätter schief gestellt sind: die Abweichung von der Distichie ist also bereits in sehr frühen Anlagen vorhanden und wird nicht etwa, wie vermuthet werden könnte, durch spätere Torsion gewonnen. Ueberdies zeigt der dicke Stengel keine Andeutung einer schraubigen Verdrehung.

Die Betrachtung weiter entwickelter Knospen gewährt, weil kein völlig lückenloser Contakt vorliegt, keine Einsicht, auf welche Weise die Abweichungen von der Distichie zu Stande gekommen sind. Vollkommen scharf kann man aber den Entwicklungsgang verfolgen, wenn man die jüngsten Anlagen der Blätter zu erlangen trachtet. In Taf. II, Fig. 3 habe ich gerade den Moment erfassen können, da der Vegetationskegel v eine Neubildung ausgliedert. Wir sehen ein Sprosssystem mit drei Blättern; von dem ersten f^1 habe ich die beiden Nebenblätter abgeschnitten, an dem zweiten habe ich sie stehen lassen (*stp*). Dass die Lage des Blattes f^3 durch die Nebenblätter von f^2 bestimmt wird, kann nach den zahlreichen analogen Beobachtungen, die wir bereits gemacht haben, kaum in Zweifel gezogen werden.

Wenn nun auch die Thatsache, dass die Nebenblätter den Ort

der Neubildung bestimmen, offenbar geworden ist, so bleibt immer noch die Frage offen, wodurch wird denn die so häufige Abweichung von der Distichie bedingt? Wir sollten gerade meinen, dass durch dieses Verhalten die zweizeilige Stellung erst recht gewährleistet würde. Für die Beantwortung der Frage giebt das Bild einen schon zu weit vorgeschrittenen Zustand wieder: durch die Dehnung im Blattachselgrunde ist der Spross *kn* ausser Contakt gesetzt und wir werden versuchen müssen, ein Stadium zu gewinnnen, in dem die zu Neubildungen fähige Stelle von älteren Organen umgeben wird. Ich habe solche Verhältnisse auf Taf. II in den Figg. 4—6 zur Wiedergabe gebracht. In allen dreien wird die Thatsache offenbar, dass sich vor dem vorletzten Blatte stets ein Körper in Berührung mit dem Vegetationskegel befindet, dem bei seiner Grösse eine beeinflussende Rolle nicht versagt sein kann. Er ist das Produkt aus der Achsel des betreffenden Blattes. In Taf. II, Fig. 5 wird seine Mitwirkung als Contaktkörper sichtbar, seine Berührung mit dem Vegetationskegel des Sprosses ist ein Hinderniss dafür, dass das folgende Blatt f^3 genau in die Mediane des Blattes f^2 treten kann. Jetzt befindet sich die Lücke, in der sich bei Fig. 5 noch keine Andeutung einer Neubildung, in Fig. 6 der erste kleine Saum einer solchen erkennbar macht, nicht mehr zwischen den beiden Stipelflanken, sondern zwischen einer derselben und der Knospe aus dem vorletzten Blatte. Angenommen nun, die beiden letzten Blätter lägen in einer Flucht, so muss auch die Knospe *kn* in derselben Ebene liegen. Fällt das neue Blatt zwischen die Knospe und die benachbarte Stipelflanke, also neben jene, so muss es nothgedrungen eine Abweichung gegen die Distichieebene erfahren.

Als Ursache der Deviation muss demgemäss der Knospencontakt angesehen werden, daraus geht unmittelbar hervor, dass die Grösse des Deviationswinkels von dem Maasse der Berührung abhängig wird. Die eine Grenze scheint erst bei einer ziemlich hohen Zahl von Graden erreicht zu werden, 40—50° habe ich sicher beobachtet, die andere wird natürlich durch 0 bestimmt, d. h. die Distichie bleibt erhalten. Dieser Zustand tritt dann ein, wenn die Knospe als Contaktkörper ausser Funktion tritt, d. h. wenn der Längenzuwachs des Sprosses den Rand des Vegetationskegels, der zu Neubildungen befähigt ist, aus der Berührung mit der Knospe bringt. Ich habe ein Bild dieses Verhältnisses in Taf. II, Fig. 4 dargestellt.

Bei der Beschreibung der in der Knospe des Sprosses wahrnehmbaren Einzelheiten habe ich mitgetheilt, dass die Primärblätter der Achselprodukte aus den Blättern schief gegen ihre Deckblätter gestellt sind. Dass diese durchaus eigenthümliche Disposition bereits in der ersten

Anlage begründet ist, wird durch Taf. II, Fig. 6 belegt, in der das erste Blatt φ an dem Primord des Lateralstrahles kn^1 aus f^1 den endgültigen Platz einnimmt. Ein Hemmniss dafür, dass das folgende Blatt diametral gegenüber zu liegen kommt, ist nicht vorhanden, dessen Platz muss also unmittelbar durch die Stipularlappen bestimmt werden und wirklich stehen die beiden ersten Phyllome an jedem Seitenzweige rein distich. Leider habe ich aber verabsäumt, zu ermitteln, warum das erste Blatt jene schief axoskope Lage hat. Aus meinen Zeichnungen ist eine Festsetzung nicht möglich, die Frage muss also zur Beantwortung der Zukunft überlassen bleiben.

Aus diesen Erfahrungen geht hervor, dass *Amicia zygomeris* eine Pflanze ist, an der in vortrefflicher Weise gezeigt werden kann, wie eine als inhärent angesehene Besonderheit, nämlich die distiche Blattstellung durch mechanische Ursachen, d. h. durch das als Hemmungskörper wirkende Achselprodukt beeinflusst und wie eine Blattstellung so weit verändert werden kann, dass sie durch keinen constanten Quotienten mehr auszudrücken ist.

Am Schlusse meiner Betrachtung über die Stellung der Monocotylenblätter mit scheidiger Basis habe ich gesagt, dass die Entstehung spiraler Systeme vorkommen müsste. Unter den Dicotylen habe ich sie bei *Rumex* und *Polygonum*, *Rheum* und *Caltha* wirklich beobachtet und zwar von der Art, dass sie sich den ersten Dispositionen der Hauptreihe näherten. An *Polygonum acuminatum* H. B. K. zeigen die Verzweigungen der Grundaxen, an *P. senegalense* M. haben die kräftigen Laubtriebe Blattstellungen, welche sich der $\frac{2}{5}$ Stellung nähern, wenn sie dieselbe auch nicht erreichen; an *Rumex patientia* L. fand ich ebenso wie an *Rheum undulatum* L. und *Caltha palustris* L. Dispositionen, welche complicierteren Divergenzbrüchen entsprachen. Die Untersuchung der Vegetationskegel behufs Ermittelung der Oerter für die Neubildungen ergab bei sämmtlichen Objekten die Thatsache, dass die Contakte für die jüngsten Blattprimordien durch die beiden Scheidenränder eines einzigen Blattes gebildet wurden und dass somit die Bedingungen herrschten, welche ich für viele Monocotylen nachgewiesen habe. Ich habe in den Figg. 7—11 die Bilder mitgetheilt, welche die Sprossgipfel gewähren: Fig. 7 und 8 stammen von *Polygonum acuminatum*, Fig. 9 von *P. senegalense*, Fig. 10 von *Rheum undulatum*, Fig. 11 von *Caltha palustris*. Sie stimmen sämmtlich darin überein, dass die Scheiden in auffallendem Maasse asymmetrisch entwickelt sind, dass die jüngsten Neubildungen immer an den Ort treten, wo der Scheidenrand den tiefsten Punkt hat, oder dass die älteren Blätter stets an der diesen Verhältnissen entsprechenden Stelle gefunden werden. Allen diesen Pflanzen ist also, wie ich sagte, gemein, dass nur ein Blatt als

Contaktkörper funktioniert und die übrigen Organe von der Berührung durch die Ausbildung der scheidigen Basis ausgeschlossen sind. Bei allen fünf Figuren ist klar, dass die Disposition spiralig wird, wenn auch nicht ausgemacht werden kann, ob sie einer Divergenz aus der Hauptreihe oder einem anderen Verhältnisse entspricht. Ein Grund, dass an den Pflanzen noch Transformationen der Axe vorkommen und dass somit weitere Stellungsveränderungen eintreten könnten, liegt nicht vor, und da an den ausgetriebenen Sprossen Annäherungen an die Divergenzen der Hauptreihe offenbar werden, so hat die Wahrscheinlichkeit viel für sich, dass bereits in den vorliegenden Zeichnungen die Winkel der Blattabstände sich um 138° 27′ 30″ bewegen werden. Diesen Abmessungen entsprechend müssen dann auch die Scheidenquotienten gefunden werden.

Blattstellungen in deutlichen schraubig gewundenen Zeilen, also in solchen Verhältnissen, die Al. Braun als Annäherungsstellungen an die Hauptreihe bezeichnete, sind bisher mit wenigen Ausnahmen, die nicht sicher genug verbürgt erscheinen, nur bei Monocotylen und Moosen bekannt gewesen. Um so mehr war ich überrascht, als ich gelegentlich des Studiums der *Cucurbitaceen*blüthen am Vegetationskegel fast der ganzen Familie Blattanreihungen fand, welche sich durchgehends in den mit Ranken klimmenden Geschlechtern an die Dispositionen in zwei gewundenen Zeilen anschlossen. Ich habe für meine Untersuchungen hauptsächlich *Bryonia alba* L. und *Sicyos angulata* L. verwendet, habe aber zum Vergleich auch sehr zahlreiche Sprossgipfel von *Cyclanthera pedata* Nd. und *C. explodens* Schr., *Cucurbita pepo* L., *Cucumis sativa* L., *Lagenaria vulgaris* Ser. und *Thladiantha dubia* Bg. betrachtet und habe endlich *Ecballium agreste* als den einzigen, mir zugänglichen Repräsentanten nicht kletternder *Cucurbitaceen* herangezogen.

Die früheren Autoren geben über die Blattstellungen dieser Familie nur sehr spärliche Notizen: so theilt Al. Braun* mit, dass dieselbe bei *Bryonia dioica* durch $\frac{2}{5}$ auszudrücken sei, eine Meinung, der sich auch Wydler angeschlossen hat, wenn er sie auch nach dem langen Wege als $\frac{3}{5}$ bezeichnete. Nicht minder finde ich vom Gartenkürbis durch Eichler** gesagt: Der Stengel ist fünfkantig, die Blätter stehen spiralig nach $\frac{2}{5}$. Als ich diese Angaben controllierte, wollte es mir nicht recht gelingen, die angegebenen Verhältnisse zu constatieren. Eine Sicherheit, welches Blatt genau über einem unteren steht, ist an den weiter entwickelten Sprossen unter Umständen nicht leicht zu gewinnen. Der Gartenkürbis zeigt nämlich ein doppeltes Verhältniss,

* Al. Braun, Tannenzapfen 267.

** Eichler, Blüthendiagramme I. 303.

je nachdem die Pflanze an einer Stütze in die Höhe geht oder auf der Erde kriecht. Ist das letztere der Fall, so stehen die Blätter in zwei sehr regelmässigen Zeilen rechts und links von der Axe. Um dieselben in diese Stellung zu bringen, macht der Stengel in einzelnen Internodien schraubige Drehungen, und diese durch eine gegensinnige Bewegung wieder aufzuheben, ist immer ein sehr missliches Beginnen, da man geneigt sein kann, mit der Rückwärtsdrehung gerade dann einzuhalten, wenn eine Stellung vorliegt, die zu einem in Gedanken vorschwebenden Verhältnisse am besten passt.

Viel leichter gelingt es an einem aufwärts steigenden Sprosse die Disposition festzusetzen. Man betrachte aber zu diesem Behufe nicht die Stücke, in denen durch die Dehnung der Internodien die Blätter schon weit von einander entfernt sind, sondern wähle zur Beobachtung das Sprossende. Es gehört nur eine sehr geringe Aufmerksamkeit dazu, um zu erkennen, dass dann weder die Angaben von Braun (die bei dem Kürbis vorliegenden Verhältnisse treffen für die Zaunrübe auch zu), noch die von Wydler und Eichler der Natur entsprechen. Das sechste Blatt fällt keineswegs mit dem ersten zusammen, sondern ist um einen ganz auffallend grossen Winkel von ihm entfernt. Ich kann mir für diesen Irrthum keine andere Erklärung schaffen, als dass sich die erwähnten Morphologen durch den fünfkantigen Stengel, der sehr vielen *Cucurbitaceen* eigen ist, täuschen liessen. Sehr oft ist von den Taxonomen die Gepflogenheit geübt worden, die Kanten eines Sprosses als Zeiger für die Zahl der Orthostichen, mithin für den Nenner des Divergenzbruches anzusehen. Da nun hier 5 Kanten vorhanden sind, so meinte man, dass es das Natürlichste war, die $\frac{2}{5}$ Stellung vorauszusetzen.

Bei allen von mir untersuchten kletternden *Cucurbitaceen* sind die zwei gewundenen Zeilen mit einer Schärfe ausgeprägt, die nichts zu wünschen übrig lässt. Zählt man nun die Blätter nach ihrer Altersfolge ab, so findet man, dass durch die eine Zeile die Blätter f^0 f^2 f^4 $f^6 \ldots\ldots f^{2n}$, durch die andere die Blätter f^1 f^3 f^5 $f^7 \ldots\ldots f^{2n+1}$ verbunden werden. Aus dieser Verkettung geht hervor, dass nach der Seite hin, in welcher die Zeilen aufsteigen, eine andere Parastiche nicht existiert, und wiederum wird ersichtlich, dass die höchste Parastiche durch eines der Blätter der zweiten Zeile gehen muss. Verläuft dieselbe z. B. durch f^5, so erhalte ich nach den von mir oben mitgetheilten beiden Methoden als den Zähler des Divergenzbruches 3 und dieser selbst ist $\frac{3}{7}$, geht sie durch f^7, so erhalte ich $\frac{4}{9}$, durch f^9 $\frac{5}{11}$, durch f^{11} $\frac{6}{13}$, kurz, der Divergenzbruch wird allgemein durch den Ausdruck $\frac{n}{2n+1}$ wiedergegeben; er nähert sich also der Grenze $\frac{1}{2}$.

Welche Stellung gerade vorliegt, ist selbst in sehr jungen Stadien nicht mit voller Sicherheit zu bestimmen, ich fand vielmehr immer, dass ich bei gewissenhafter Prüfung nicht genau abschätzen konnte, welches Blatt genau superponiert stand. Stets hatte ich den Eindruck, das bestimmte, festgehaltene Blatt lag wieder zwischen zwei anderen benachbarten, so dass unter allen Umständen eine jener Divergenzen mit niederen Zahlen nicht vorhanden war, sondern dass der Bruch sich wieder einem complicierten Verhältnisse näherte.

Die Untersuchungen des Vegetationskegels der erwähnten *Cucurbitaceen*, von denen Figg. 12 und 13 *Bryonia alba*, Fig. 14 *Sicyos angulata*, Fig. 15 *Lagenaria vulgaris*, Fig. 17 *Cucurbita pepo*, Fig. 18 *Cucumis sativa*, Fig. 19 *Cyclanthera pedata* entnommen ist, ergaben folgendes Resultat. Sämmtliche Pflanzen legen bereits ihre Blätter in zwei gewundenen Zeilen an, und zwar sieht man, sobald man sich ein wenig an das Gewirr von Höckern und Blättern gewöhnt hat, an diesen Sprossspitzen die Anreihung vielleicht noch klarer, als an weiter entwickelten Knospen. Aus dieser Wahrnehmung geht mit Bestimmtheit hervor, dass die Stellung nicht erst durch eine secundäre Torsion erreicht wird, wie man nach den Vorstellungen, die über die Entstehung der *Pandanus*blattstellungen verbreitet gewesen sind, anzunehmen geneigt sein könnte.

Aus der Beobachtung des Vegetationskegels erwächst eine andere, nicht minder wichtige Thatsache. Es ist eine schon von vielen Botanikern wiederholte Erfahrung, dass bei den *Cucurbitaceen* das Achselprodukt des Blattes nicht genau median steht, sondern »verschoben« ist und zwar derart, dass es immer über die anodische Blattseite hinausrückt, sobald man die Verbindungscurve der Blätter nach dem kurzen Wege verfolgt. Wir sehen nun an sämmtlichen mitgetheilten Sprossen, dass das sehr grosse, einem bald schmaleren, bald breiteren Meniscus gleichende Primord des Achselproduktes gleichfalls bereits von Anfang an jene schiefe Lage hat, welche die Excentricität des späteren Sprosses einleitet.

Man hat* für die »Verschiebung« eine Erklärung zu geben versucht; damit ich auf sie, wenn auch nur ganz kurz, an dieser Stelle eingehen kann, muss ich einen Augenblick das spätere Geschick dieses Produktes ins Auge fassen. In Fig. 19, welche den Vegetationskegel von *Cyclanthera pedata* darstellt, ist dasselbe bei f^1 und f^2 in drei Stücke zerfallen, von denen das linke, *R*, zur Ranke, das rechte, *I*, zur Infloresccenz, das mittlere, *B*, zu einem Laubsprosse sich entwickelt, den man gewöhnlich mit dem Namen Bereicherungsspross belegt hat.

* Eichler, Blüthendiagramme I. 316.

Der zuletzt erwähnte Theil überragt an Mächtigkeit sehr bald die beiden andern, besonders aber zu der Zeit, wo die Ranke in Funktion tritt, nimmt er einen sehr erheblichen Theil des Raumes vor dem Blatte ein. Aus dieser Ursache kann es nicht überraschen, dass die Meinung laut wurde, dieser Bereicherungsspross dränge die Ranke aus der Blattachsel heraus und bringe sie in eine scheinbar extraxilläre Stellung.

Zu einer Zeit, in der man allzu freigebig mit der leichten Beweglichkeit der pflanzlichen Organe umging, konnte die Thatsache, dass der Bereicherungsspross selbst keineswegs median sitzt, sondern dass er z. B. bei *Cyclanthera pedata*, wie die Fig. 19 zeigt, schon in der allerfrühesten Lage vollkommen ausserhalb des Blattbezirks gestellt ist, wenig auffallen, man dachte sich, dass dann eine leichte seitliche Verschiebung eingetreten wäre, und nun verschob der kräftige Spross die Ranke eben noch mehr. In höherem Maasse hätte aber die Beobachtung, dass dieser Bereicherungsspross zuweilen nur in der Form einer winzigen Knospe auftritt und durchaus weniger umfangreich als die Ranke selbst ist, einen Zweifel an der Richtigkeit der Erklärung erwecken sollen. In manchen Fällen fehlt, wie z. B. bei *Bryonia dioica*, der Bereicherungszweig angeblich ganz und die Ranke tritt dann aus der Inflorescenz hervor. Niemals aber habe ich bei irgend einer kletternden *Cucurbitacee* eine Abweichung von der gewöhnlichen Stellung des Primords, von dem die Ranke später ein Theil ist, gefunden.

Angenommen selbst, die Ranke würde durch den Bereicherungszweig bei Seite geschoben und der letztere würde wieder durch die Inflorescenz verdrängt, wer oder was schiebt aber dann die Inflorescenz, falls dieselbe, wie bei *Cyclanthera explodens* und *pedata*, ebenfalls vorkommt, auch excentrisch steht? Der Raum auf der anderen Seite der Mediane ist völlig leer, ein stossendes Agens wird vermisst. Daraus geht hervor, dass die Schiefstellung des Achselproduktes, in welchem Entwicklungsstadium dasselbe auch beurtheilt werden mag, mechanisch nicht begründet werden kann, sie ist eine Besonderheit dieser ganzen, an Arten zahlreichen Familie, die allen kletternden Formen eigen ist.

Ich habe ausdrücklich betont, dass die Excentricität der Achselprodukte nur bei den Formen gefunden wird, welche klettern. Zum Belege dieser Behauptung habe ich in Fig. 21 den Sprossgipfel von *Ecballium agreste* mit fünf Blattanlagen zur Darstellung gebracht: man sieht, dass die drei bereits angelegten Primordien der Achselsprosse genau in die Mediane der Blätter fallen und dass von einer Schiefstellung keine Andeutung vorliegt. Aber selbst bei ein und derselben

Pflanze kann in einem gewissen Stadium die Schiefstellung unterbleiben, während sie in einem anderen in auffallendem Maasse zu Tage tritt. *Bryonia alba* ist eine ausdauernde *Cucurbitacee*, welche im Laufe des Sommers an der knollenförmigen Grundaxe eine sehr grosse Zahl von stecknadelkopfgrossen Sprösschen hervorbringt. Hebt man dieselben von der Knolle ab und präpariert man den Vegetationskegel frei, so sieht man, dass jedes Sprösschen von aussen durch eine geringe Zahl ziemlich dicker, aussen filziger, am Rande gefranster Blätter eingehüllt wird. Die den Vegetationskegel unmittelbar umstehenden Phyllome tragen in ihren Achseln ebenfalls kleine Sprossanlagen, die nicht excentrisch gestellt sind (Fig. 20). Die ersten Blätter werden im Frühjahre nach dem Austreiben der Sprosse am untersten Grunde in der Form von Schuppen wieder gefunden. Auch da sind die Achselknospen noch genau centrisch gestellt, Ranken sind an ihnen nicht entwickelt. Sobald die letzteren aber zu erscheinen beginnen, rückt auch sogleich der Meniscus, als welcher nun das Primord des Lateralstrahles auftritt, aus der Achsel heraus.

Offenbar besteht, wie aus meinen Beobachtungen hervorgeht, ein Zusammenhang zwischen der Excentricität der Achselsprosse und dem Klettern der *Cucurbitaceen*. Wenn wir die Frage von der Zweckmässigkeitsseite aus betrachten, so wird uns auch verständlich, dass diese Aufstellung eine äusserst vortheilhafte ist, denn die Ranke wird später, wenn sie in Funktion treten soll, nicht so leicht in Collision mit den benachbarten Organen kommen, als wenn sie vom Blatte bedeckt wird, und so verhindert ist, ihre Wirksamkeit möglichst früh eintreten zu lassen. Offenbar liegt in der ganzen Anordnung der Organe bei den *Cucurbitaceen* eine vorausblickende Zweckmässigkeit, sie ist gerade in bestimmter Weise entwickelt, um eine spätere Aufgabe zu erfüllen. Damit hört aber die Betrachtung nach mechanischen Bedingungen, das Forschen nach äusseren Ursachen auf, diese Stellung ist durch innere, erblich übertragene Ursachen geregelt.

Ganz anders stellt sich aber die Frage, ob unter den später gegebenen Bedingungen der Ort für das jeweilig letzte Blatt wirklich bestimmt wird. Wenn man die Blattstellung an *Ecballium agreste* festzusetzen versucht oder zu ermitteln sich bemüht, in welcher Weise die untersten Schuppen bei *Bryonia alba* disponiert sind, so wird man die Erfahrung machen, dass neben den Parastichen, welche durch die Zweierzeile dargestellt werden, in der gleichen Richtung auch noch andere verlaufen, dass mithin jene zwei gewundenen Zeilen, wenn sie natürlich auch verfolgt werden können, durch das Auftreten anderer Parastichen minder sinnfällig sind. Schon durch einen Vergleich von Fig. 21, welche von *Ecballium agreste* stammt, und Fig. 14,

welche *Sicyos angulata* entnommen ist, oder mit Fig. 12, welche von *Bryonia alba* herrührt, wird offenbar, dass am Vegetationskegel eine Stellungsdifferenz erkennbar ist.

Wenn überhaupt der Ort der Neubildung von dem Contakte mit den benachbarten Organen abhängig ist, so muss bei den kletternden *Cucurbitaceen*, falls das excentrisch gestellte Achselprodukt sehr früh auftritt, durch die Umfassung eines weiteren Theiles des Vegetationskegels eine andere Contaktbedingung hergestellt werden, als wenn dasselbe centrisch stände. In der That tritt das erwähnte Primord sehr früh auf und greift demgemäss bestimmend in die Sphäre ein, wo die Phyllomausgliederung stattfindet. Von meinen Zeichnungen giebt Fig. 17 den Hinweis, dass das Blatt f^2 seinen Achselspross schon angelegt hat, noch ehe f^4 ausgegliedert wird, und Fig. 15 zeigt, dass das Primord sogar gleich nach der Anlage des Blattes erscheint, zu dem es gehört. Aus dieser Ursache ist es denn nicht überraschend, dass in ähnlicher Weise, wie ich dies für *Canna* nachgewiesen habe, in Fig. 13, die ich für die Contaktbedingungen besonders mitgetheilt habe, das Blatt f^5 räumlich bestimmt wird durch das Blatt f^3 und das Achselprodukt von f^4, ebenso bei *Sicyos angulata* f^4 von f^3 und den Achselspross aus f^2.

Wenn es mir auch gelungen ist, die Contaktbedingungen für das letzte Blatt zu ermitteln, so bin ich doch weit entfernt davon, zu behaupten, dass ich nun auch die Stellung in zwei gewundenen Zeilen aus denselben heraus erklären könnte. Eine Andeutung dazu ist zwar gegeben, denn es wird keinem, der sich die Zeichnungen betrachtet, entgehen, dass je zwei Blätter an dem ungefähr elliptisch umschriebenen Vegetationskegel fast in die Enden der langen Axe fallen. Sie müssen demgemäss in einer Divergenz stehen, welche sich 180° nähert, und dieser Bruch ist auch wirklich der Grenzwerth für die Reihe $\frac{2}{5}, \frac{3}{7}, \frac{4}{9}, \frac{5}{11} \ldots\ldots \frac{n}{2n+1}$. Vorläufig können wir aber nicht übersehen, wie es nothwendig wird, dass immer ein Vegetationskegel von dem erwähnten Querschnittsareale resultieren muss. Die Untersuchung über diese Frage ist also keineswegs abgeschlossen.

Die Sprosse der *Cucurbitaceen* bieten also einen Vegetationskegel von ungefähr elliptischem Querschnittsareale, dessen lange Axe eine bestimmte Lage hat. Wenn dieselbe nun in der von mir gegebenen Zeichnung Fig. 13 von links oben nach rechts unten verläuft, so bleibt sie offenbar nur kurze Zeit in dieser Richtung. Nach einiger Zeit nimmt sie Eiform an (Fig. 12) und transformiert sich schliesslich so, dass die lange Axe gegen die Lage der früheren gedreht ist, gerade so wie die Orientierung in Fig. 13 aus einer anderen Lage

hervorgegangen ist, die durch die Verbindungslinie, etwa durch die Mitten der Blätter f^2 und f^3 gekennzeichnet wird. Die lange Axe der Ellipse rotiert demgemäss um einen Punkt, der etwa dem Scheitel des Vegetationskegels entspricht. Ich sage ungefähr entspricht, denn es ist sehr leicht vorstellbar, dass der Mittelpunkt der Rotation eine Schraubenlinie beschreibt oder dergl. Diese Bewegung ist ganz von derselben Art, auf welche ich oben bei der Betrachtung der *Pandanus*-blattstellung und der Scheitelzelle gewisser Moose aufmerksam gemacht habe. Man muss sich nun sehr hüten, die Rotation einer bestimmten Linie mit einer Torsion des Vegetationskegels zu verwechseln. Die erstere ist an jedem Neubildungen erzeugenden Sprosse construierbar; die letztere habe ich an keinem der zahllosen Pflanzengipfel bis heute nachzuweisen vermocht.

Wenn sich die Vorkommnisse bei den *Cucurbitaceen* mühelos an die Dispositon der *Aloë*-Arten mit zwei gewundenen Zeilen oder vielleicht noch besser, da hier keine vollen Scheiden vorliegen, an die Beobachtungen bei den *Canna*blüthenständen, deren Inflorescenzprimordien auch mitbestimmend in den Contakt eintreten, anschliessen lassen, so kann ich endlich auch jene dorsiventralen Blattanreihungen mit ganz analogen Anlagebedingungen nachweisen, welche ich für die Monocotylen namhaft gemacht habe.

Menyanthes trifoliata ist eine Pflanze, welche sich in ihren ganzen Wachsthumsverhältnissen der *Calla palustris* sehr ähnlich zeigt. Wenn man von der kriechenden Grundaxe beider Gewächse die charakteristischen Blattspreiten entfernt, so ist es nicht ganz leicht, beide Gewächse von einander zu unterscheiden. Wie jene eine ausgesprochen dorsiventrale Disposition der Blätter aufweist, so ist diese Anreihung auch bei *Menyanthes trifoliata* deutlich ausgeprägt. Bei beiden Pflanzen verbindet sich mit der Blattstellung die scheidige Verbreiterung der Basis, welche nicht blos eine Umfassung des Stengels bewirkt, sondern dahin führt, dass sich die Scheidenränder übergreifen; dabei ist auch bei *Menyanthes* die Wahrnehmung zu machen, dass die übergreifenden Ränder symmetrisch· bald rechts, bald links gelegen sind.

Jede jüngste Blattanlage tritt in der uns vielfach begegneten Weise an der Stelle aus dem Vegetationskegel, wo die tiefste Stelle der Scheide sich befindet, Fig. 23, und legt ihre Spitze wieder als Hemmungskörper in die Oeffnung der Scheide, damit dieselbe nicht zu vollkommenem Verschlusse gelangen kann (Fig. 22). Sie wird dadurch zugleich zum Führungskörper für das Blatt, damit es den Weg ins Freie nicht verfehlt. Wir sehen also, diese Dicotyle bietet bis ins Einzelne alle die eigenthümlichen Vorrichtungen, deren

Zweckmässigkeit unter gleichen obwaltenden Verhältnissen unter den Monocotylen offenbar wurde.

Die Uebereinstimmung der morphologischen Einzelheiten, welche *Menyanthes* mit den bei den Monocotylen vorkommenden Verhältnissen gewährt, ist aber noch weiter zu verfolgen. Dem so ausgezeichneten Beobachter Irmisch war es nicht entgangen, dass der Bitterklee eine sehr merkwürdige Stellung des ersten Blattes an gewissen Seitensprossen aufweist*. Bekanntlich ist die Grundaxe dieses Gewächses nicht, wie man dem äusseren Anschein nach meinen könnte, ein monopodiales System, sondern ein sympodiales. Nachdem nämlich die relative Hauptaxe eine mehr oder minder grosse Zahl Blätter (sie können bis auf 13 sich belaufen) getrieben hat, schliesst sie mit einer Inflorescenz ab. In der Achsel des letzten Laubblattes tritt eine Knospe auf, die sich so ausserordentlich mächtig entwickelt, dass sie gleich den Vorkommen bei *Carex, Potamogeton* etc. die Inflorescenz in die Achsel des vorletzten Laubblattes hinüberdrängt, die Spitze des Sprosses usurpiert, und nicht blos die Fortsetzung, sondern auch die Führung der Hauptaxe vorigen Grades übernimmt.

Das erste Blatt an dem Seitensprosse ist nun gegen alle bisherigen Erfahrungen bei Dicotylen adossiert, es hat axoskope Stellung bezüglich des Deckblattes. Nicht minder theilt es die Eigenthümlichkeit der bei weitem meisten adossierten Vorblätter in sofern, als im Gegensatze zu allen folgenden Blättern niemals aus seiner Achsel eine Knospe erzeugt wird. Die Thatsache ist so überraschend, dass später Irmisch an der Richtigkeit derselben wieder irre geworden ist; er mochte es offenbar nicht glauben, dass etwas derartiges bei den Dicotylen vorkäme, und corrigierte die Stellung leider in unrichtiger Weise, indem er meinte, dieses Blatt läge schief nach hinten. Vielleicht wurde er zu der Annahme verleitet, dass er eine für sich vollkommen richtige Beobachtung an den anderen Seitensprossen machte. Diese haben nämlich wirklich zwei seitlich gestellte Primärblätter.

Liegen nun bei *Menyanthes* zwei verschiedene Arten der Blattanreihung bei den Seitenknospen vor, je nachdem diese die mächtig sich entwickelnden Triebe aus den letzten Laubblättern oder die minder starken Seitenstrahlen aus den anderen Blättern sind? A priori ist eine solche Frage nicht zu beantworten, dazu kann nur eine genaue Untersuchung der Entwicklung die Wege bahnen. In der That ist die erste Anlage nicht blos des obersten, sondern auch der übrigen Sprosse vollkommen gleich, in beiden Fällen entsteht, wie Fig. 24 zeigt, die einem unteren Seitenstrahle entnommen ist,

* Irmisch, Knollen- und Zwiebelgewächse 187.

immer ein adossiertes Vorblatt, dieses bleibt bei den unteren Sprossen nur sehr klein und die Scheide wird erst so spät geschlossen, dass das zweite Blatt noch weit genug aus der Oeffnung treten kann, um neben ihm in Erscheinung zu kommen.

Menyanthes trifoliata kann wiederum als der Typus für eine Reihe ähnlicher Gestalten angesehen werden; aus dem Verhalten der fertigen Sprosse wenigstens muss geschlossen werden, dass sich *Comarum palustre* und *Limnanthemum nymphaeoides* gleich oder wenigstens ähnlich verhalten; zu einer genaueren Prüfung fehlte mir leider das geeignete Material, ich muss deswegen die Angelegenheit auf später verschieben. Wahrscheinlich werden sich ferner die zahlreichen Bäume mit schirmförmig ausgebreiteten Aesten wie die Linden, Ulmen, Buchen u. s. w. wieder an jenen Typus anreihen. Die bei ihnen ausgesprochene Dorsiventralstellung der Blätter verbindet sich nämlich stets mit dem Vorkommen grosser Nebenblätter, die allerdings beim Austreiben sehr früh abfallen, die aber doch bei ihrem Umfange vermuthen lassen, dass sie ähnlich wie an *Vitis* bestimmend auf die Anreihung der Blätter wirken dürften. Wiederum steht mir eine Kenntniss über die Entwicklungsgeschichte dieser Sprosse nicht zu Gebote, und wenn auch über die definitive Stellung manches geschrieben worden ist, so hat man doch meines Wissens noch keine Darstellung über die Entstehung dieser Sprosse mitgetheilt, die meinem Zwecke genügte.

Bei den Monocotylen habe ich der Thatsache Erwähnung gethan, dass bei gewissen Gattungen die $\frac{0}{1}$ Stellung, d. h. die gerade Superposition von zwei Blättern angegeben wird. Ich habe an *Calla palustris* gezeigt, dass dieses Verhältniss irrthümlicher Weise vorausgesetzt wurde. Eine ähnliche Angabe liegt auch für eine Dicotyle vor, Caspary nämlich hat an Eichler* die Mittheilung gelangen lassen, dass in den Rhizomen von *Nelumbo nucifera* Gärtn. eine derartige Stellung sich vorfände. Auf Grund dieser Angaben hat dann Eichler mit Hülfe der Caspary'schen Zeichnungen in den Blüthendiagrammen die Angelegenheit veröffentlicht. Die Sachlage ist kurz folgend: *Nelumbo* zeigt zweierlei Arten von Internodien, gestauchte und verlängerte. Die ersteren stehen immer zu drei zusammen und werden durch ein gedehntes, das bis 1 m lang werden kann, getrennt. An den drei gekürzten stehen Gruppen von je drei Blättern und zwar ist das erste ein bodenwärts blickendes Niederblatt, das zweite ist ein zenithwärts gestelltes Niederblatt, das dritte ist ein ebenfalls nach der Lichtseite gekehrtes Laubblatt, aus dessen Achsel ein Late-

* Eichler in Blüthendiagrammen. II. 178.

ralstrahl tritt. Die beiden letztgenannten stehen, wie aus der Beschreibung hervorgeht, in gerader Superposition. Eine Erklärung für diese Stellung, die »geradezu einzig in ihrer Art« ist, vermochte EICHLER nicht zu geben.

WARMING* hat in eleganter Weise das Problem dadurch gelöst, dass er auf Grund zahlreicher Knospendurchschnitte folgende Erfahrung machte. Die Grundaxe von *Nelumbo* ist nicht, wie EICHLER und CASPARY wollten, ein Monopodium, sondern ein Sympodium. Der Fortsetzungsspross tritt immer aus der Achsel des ersten Blattes der Drillingsgruppe; er liegt bodenwärts; ein weiteres Blatt, das in regelmässiger Distichie folgt, muss an der Hauptaxe nach dem Zenith gekehrt sein, dies ist das zweite Blatt der Triadengruppe. Mit diesem Blatte schliesst die Hauptaxe ab, fernere Blätter werden von ihr nicht erzeugt. Nun übernimmt der Achselspross aus dem ersten Blatte der Triade die Fortsetzung. Sein erstes Blatt, ein Laubblatt, hat die Stellung eines adossierten Vorblattes, es liegt also auf die Hauptaxe um eins niederen Grades, seine Mutteraxe zu und kommt somit in superponierte Stellung zu dem letzten Blatte von jener. Nun tritt an den entwickelten Sprossen die Dehnung des Internods ein, so dass das zweite Blatt derselben Axe um ein beträchtliches Stück von dem ersten abgerückt ist. Nach der distichen Disposition fällt es bodenwärts und leitet die neue Triade ein, indem es abermals einen Achselspross erzeugt, der sich wie der eben betrachtete verhält.

Dieser Entwicklungsgang ist durchaus nicht ungewöhnlich, er stimmt mit dem vieler Sumpf- und Wassergewächse überein, welche eine kriechende Grundaxe mit sympodialer Verkettung aufeinanderfolgender Sprossglieder aufweisen.

CASPARY und EICHLER haben aber auch mit voller Bestimmtheit die Superposition von zwei Blättern an dem aus der Achsel des Laubblattes hervortretenden Bereicherungsspross angegeben. Auch dieser beginnt mit einem adossierten Vorblatte, das aber nicht laubig ist, sondern Niederblattnatur besitzt. Auf dieses folgt ein zweites, ebenfalls niederblattartiges Phyllom in superponierter Stellung. Dann folgt ein verlängertes Internodium mit einer Blatttriade, die fernere Entwicklung gleicht völlig der oben beschriebenen.

Wie ich aus WARMING's deutschem, leider sehr kurzem Schlussreferate ersehe, hat er die letzte Angabe von EICHLER und CASPARY nicht bestätigt. Er sagt: »Die Bereicherungszweige aus den Laubblattachseln weichen nur darin ab, dass ihr erstes Blatt nicht ein Laub-, sondern ein Niederblatt ist«.

* WARMING in Videnskab. Meddels. 1879—80 pag. 444.

Ich habe, um diesen noch strittigen Punkt zu prüfen, die Entwicklungsgeschichte von *Nelumbo nucifera* Gärtn. in Bezug auf den Sprossaufbau studiert. Ein Vergleich mit *Nelumbo lutea* W. zeigte, dass die letzterwähnte Pflanze von dem Typus der Gattung nicht abweicht. Meine Präparate zeigen bis auf zwei Punkte von den aus Längsschnitten erhaltenen Endergebnissen WARMING's keinen Unterschied. Wie ein Blick auf die Taf. II, Fig. 51 lehrt, ist die Stellung des Blattes *n* durch die scheidige Basis des Laubblattes *l* bedingt, denn es stellt sich genau in die Lücke zwischen die Scheidenflanken, die später mit einer Wucherung aus der Basis der Blattspreite zusammenfliessend die Interpetiolarstipel *St*, Taf. II, Fig. 52, des Laubblattes erzeugen.

Da nun das Laubblatt zenithwärts gerichtet ist, so muss das auf dieses folgende Blatt *n* bodenwärts gestellt sein. Es resultiert also eine Distichie, deren Symmetrale in der Verticalen gelegen ist. Die Blattstellung ist somit von der, welche wir bei *Menyanthes* kennen gelernt haben, verschieden, denn dort bildete die Symmetrale einen Winkel gegen die Mediane des Deckblattes und später stellte sich der Spross so, dass die Blätter rechts und links an der Axe befestigt waren. Aus dieser Wahrnehmung geht hervor, dass sich, wie erwähnt, bereits der ersten Anlage nach eine Disposition entwickelt, welche sich an einen anderen Typus der Monocotylen, nämlich den von *Carex*, *Potamogeton* etc. anlehnt.

Aus den Zeichnungen WARMING's geht hervor, dass dieser ausgezeichnete Beobachter stets die relative Hauptaxe neben dem neuen Fortsetzungsspross aus der Achsel von *n* wahrgenommen hat. Ich kann nicht das Gleiche sagen. Bei sämmtlichen Präparaten, die ich in dem kritischen Zustande untersuchte, konnte ich von der Hauptaxe nichts mehr nachweisen. Ich habe in Fig. 26 ein Bild dieser Entwicklungsphase abgezeichnet. Hier ist *n* das Blatt, in dessen Achsel der Fortsetzungsspross entsteht, bei *l* ist dieser selbst dargestellt, wie er eben im Begriffe ist, das erste Blatt und zwar das Laubblatt auszugliedern. In Fig. 27, welche denselben Körper von vorn gesehen wiedergiebt, bemerkt man oberhalb *v* jene Depression, durch die es seine Selbständigkeit gewinnt. In Fig. 26 sieht man ferner n^1 in der Form eines schwach hervortretenden Walles angelegt. Bei diesem Blatte habe ich von irgend einem bemerkbaren Axenende, das hier liegen müsste, nichts gesehen. Ich fand erst dann, wenn n^1 mindestens die vierfache Grösse hatte, ein äusserst winziges Sprossprimord, welches von flach scheibenförmiger Gestalt einen Umriss aufwies, der durch einen Kreisbogen wiedergegeben wurde. Es war der Breite nach regelmässig vielmals kleiner, als das Blatt *l*, an dessen Fusse es sich befand.

Ich bin natürlich weit davon entfernt, die Richtigkeit der WARMING'schen Angaben irgend wie in Zweifel zu ziehen. Seine und meine Beobachtungen können recht wohl neben einander bestehen, ich erkläre mir die Differenz dadurch, dass er in Sonderheit solche Sprosse vor sich gehabt hat, die Blüthenanlagen enthielten, während die meinen steril endeten. Ich möchte deshalb auch in der Analyse dieser Sprosssysteme von derjenigen, die WARMING gegeben hat, nicht abweichen, sondern glaube, dass bei *Nelumbo* eine Entwicklung von Sympodien vorliegt, welche das äusserste Maass der bisher bekannten Grössendifferenz in dem Stücke der Hauptaxe und dem Primord des Fortsetzungsprosses bedeutend übertrifft. Wir sehen, dass bei der Anlage des Seitenstrahles der Vegetationskegel sich ausserordentlich an der Dorsalseite hebt, er ist nach vorn zu steil abschüssig. Er überragt auf diese Weise den Rest der Hauptaxe, der oberhalb n^1 liegen muss, um eine sehr erhebliche Grösse. Der letztere stellt seine Thätigkeit noch nicht völlig ein, denn während sich jener Theil, aus dem sich später l entwickelt, ausgliedert, schiebt sich noch zwischen den Scheidenflanken von n das Blatt n^1 ein, dessen distiche Lage somit ebenfalls durch die gegebenen Bedingungen ursächlich begründet wird.

Wenn nun das Blatt l sich bildet, so liegt sein Scheitel so hoch über jedem benachbarten Körper, dass ein Contakt mit ihnen nicht stattfindet. Dies ist die Ursache, warum es trotz seiner Natur als adossiertes Vorblatt doch keine der für diese gewöhnlich charakteristischen Eigenschaften aufweist. Indem es, wie Fig. 25 zeigt, aus der Scheide des Blattes n sehr bald hervortaucht, wird es befähigt, sich mächtiger zu entwickeln und laubartig zu werden, und da es nicht eng umschlossen wird, so ist es im Stande, so weit von der Axe abzurücken, dass sich in seiner Achsel eine Knospe entfalten kann. Die sehr hohe Position über n^1 bringt ferner zu Wege, dass die Axe, an der es sitzt, der Mutteraxe angewachsen erscheint, denn wie kurz auch immer das Stück zwischen n^1 und l sein mag, es ist beiden Axen gemeinsam und stellt ein Merithallium von ganz gleicher Art vor, wie uns dieselben in den Borragoiden begegnen. Der Theorie nach gehört der Fortsetzungsspross in die Achsel des Blattes und zwar in das Internodium zwischen n und n^1. Wenn es aus diesem Stücke frei hervorträte, so würde natürlich eine Verwachsung mit der Mutteraxe niemals entstehen. Allein durch den Umstand, dass der Ursprungsort von l hoch über n^1 verlegt wird, sinkt reell die Hauptaxe äusserlich so weit herab, dass sie wie ein Tochterspross aus dem Sympodium aussieht. In der Anlage der Blätter hält der minutiöse Körper, welcher sich später in der Achsel von n^1 zeigt,

den Entwicklungsgang der Lateralstrahlen in den Achseln von Blättern mit scheidiger Basis ein: an dem kleinen Scheibchen von flach linsenförmiger Gestalt entsteht durch eine seichte, mit der äusseren Peripherie parallel verlaufende Furche ein schmaler Saum, der gleich einem Augenlide den freien Rand umzieht. Dieses Blatt ist nun das vierte jeder Hauptaxe (das erste ist das Laubblatt *l*, das zweite das fertile Niederblatt *n*, das dritte das sterile Niederblatt n^1, in dessen Achsel durch den Fortsetzungsspross aus *n* die Hauptaxe hinübergedrückt wird); es steht n^1 gegenüber, setzt also die bis jetzt eingehaltene Distichie weiter fort. Die Ursache des Einhaltens der rein zweizeiligen Folge liegt hier nicht unmittel-, sondern nur mittelbar in der scheidigen Umfassung durch die Blattbasis, da die letztere nicht die eigene Axe, sondern das aus dem Fortsetzungssprosse erzeugte Merithallium umgreift.

Der Fortsetzungsspross des Sympods tritt bei *Nelumbo* stets phylloskop bezüglich der Mutteraxe auf, demgemäss reiht es sich, da die Blattstellung rein distich bleibt, der Sichel unter. Indem das erste Blatt an dem Sprosse adossierte Lage hat, wird die Zahl der Beispiele unter den Dicotylen, welche durch diese, in der Regel nur den Monocotylen zugeschriebene Disposition ausgezeichnet sind, wiederum vermehrt.

Ich komme nun zu der Besprechung des Bereicherungssprosses, der regelmässig aus der Achsel des Laubblattes hervortritt. Seine Entwicklung muss ein besonderes Interesse für uns deswegen in Anspruch nehmen, weil, wie oben bemerkt, ein offenbarer Widerspruch zwischen Caspary-Eichler's Angaben und den Mittheilungen Warming's besteht. Er tritt von Anfang an als ein recht kräftiges Primord in die Erscheinung: der ursprünglich flach scheibenförmige Körper von dem äusseren Umrisse eines Halbkreises nimmt später fast Kreisform an und umgiebt sich zugleich mit einem schmalen Rande. Dieser Saum (*ad. v.* Fig. 28) ist das adossierte Vorblatt, welches nach und nach den Vegetationskegel soweit umgreift, dass auf der vorderen Seite eine symmetrische Lücke bleibt. Diese wird nun (Fig. 29) von einem Niederblatte besetzt, das sich bei Vergleich mit späteren Zuständen als mit *n* völlig übereinstimmend erweist. In seiner Achsel erscheint nämlich der Fortsetzungsspross, der in Fig. 29 bereits im Begriffe ist, sein erstes Laubblatt *l* auszugliedern, nachdem vorher n^1 erschienen ist.

Dieser Entwicklungsmodus giebt scheinbar Warming vollkommen Recht, wenn er sagt: die Bereicherungssprosse weichen nur darin von dem Hauptsprosse ab, dass ihr erstes Blatt nicht ein Laub-, sondern ein Niederblatt ist. Die Caspary'sche Angabe über ein viertes, dem

adossierten Vorblatte infraponiertes Blatt α, von dem er ausdrücklich sagte, dass es kürzer, zweikielig und zweispitzig wäre, hat aber eine solche Bestimmtheit, dass ich der Angelegenheit doch weiter nachging. Ich fand denn auch sehr bald eine Lösung für den bestehenden Widerspruch. In der That ist noch unterhalb des adossierten Vorblattes ein eigenthümliches Gebilde vorhanden, welches in dorsaler Lage zweifellos CASPARY's Blatte α entspricht. Nicht immer indess stellt es ein einheitliches, in der Mitte geschlitztes Organ dar, sehr häufig vielmehr ist es in jungen Knospen in zwei Componenten zerlegt (Fig. 30 und 31), welche, zu beiden Seiten der Knospe gestellt, diese in den unteren Flanken umfassen. Manchmal fand ich nur einen solchen Körper, dessen Grösse überdies in erheblichem Maasse wechselte.

WARMING ist dieses Organ, oder dieses Paar von Phyllomen offenbar entgangen; da er aber seinen Zeichnungen nach nur Längsschnitte untersucht hat, so wird es erklärlich, dass er dies Gebilde vermisst hat, denn in den allermeisten Fällen wird es von den Medianschnitten nicht getroffen werden.

Dass diese Dinge nicht, wie offenbar CASPARY gemeint hat, in die normale Blattzeile hineingehören, wird durch die Entwicklungsgeschichte mit Evidenz klargestellt. An den jüngsten Knospen, z. B. in der, welche Fig. 29 wiedergiebt, sind sie niemals vorhanden, das adossierte Vorblatt ist, nach den sehr zahlreichen Objekten, die mir vorgelegen haben, das erste Blatt; erst viel später, nachdem die Knospe schon geschlossen worden ist, bemerkt man die Gebilde. Sie schieben sich also in einen Raum, der hier durch Bewegungen im Blattgrunde frei werden muss, ein. Ich kenne aus der gesammten Botanik nur eine einzige Reihe von Körpern, die eine ganz ähnliche Beschaffenheit und Entstehung haben, und welche ebenfalls bei Wasserpflanzen mit scheidigem Blattgrunde, allerdings bisher nur an Monocotylen gekannt, auftreten: die sogenannten *squamulae intravaginales*. Ich nehme keinen Anstand, das Blatt α, welches wegen der Bedingungen, unter denen es entsteht, zweikielig im Ganzen oder seinen beiden Componenten oder auch zweispitzig werden muss, mit den letzteren homolog zu setzen. Durch die Thatsache, dass diese Körper nur aus dem noch meristematischen Blattgrunde entspringende Füllblätter sind, wird auch diese Stellung von Phyllomen nach ♀ berichtigt. Die Anlagebedingungen in den Knospen aus den Achseln der Laubblätter von *Nelumbo* sind nicht derartig, dass eine superponierte Aufeinanderfolge von Blättern möglich ist.

Ich will zum Schluss noch zwei Punkte berühren, welche mir einer kurzen Erörterung werth zu sein scheinen; erstens die Stellung

erörtern, welche AL. BRAUN diesen Dispositionen gegenüber einnahm, und zweitens, wie sich die von mir beobachteten Thatsachen mit den Anschauungen vereinen lassen, die SCHWENDENER in seiner mechanischen Blattstellungstheorie entwickelt hat.

Was den ersten Punkt anbelangt, so spricht sich AL. BRAUN über die von der Hauptreihe abzuleitenden Nebenreihen folgendermaassen aus*: »Es ist hierbei im Voraus zu bemerken, dass, sobald einmal der rechte Mittelweg, der allein in den Stellungen nach der Hauptkette befolgt wird, überschritten ist, auch gewöhnlich ein unstätes Hin- und Herschwanken der Blattstellung eintritt. Nur die zuerst betrachteten geringsten Abweichungen von der Hauptkette vermögen sich noch in ihrem bestimmten Verhältniss zu erhalten, die Annäherungsstellungen der weiteren Grade zeigen durchgehends eine grosse Unstätigkeit, ein Schwanken von einem Grade zum andern, welches ihre Bestimmung nach der Divergenz misslich macht, weil man fast immer eine ganze Reihenfolge von Divergenzen angeben muss, um den Spielraum der Blattstellung zu bezeichnen. Zuweilen ist auch der Grad der Annäherung so gross, dass es sich nicht der Mühe lohnt, ihn von der wirklichen Erreichung des Ziels zu unterscheiden. Das Vorkommen dieser Annäherungsstellungen ist im allgemeinen nichts Gewöhnliches, sondern fast ganz auf die Laubmoose und mehrere Gattungen der Monocotyledoneen beschränkt«.

An einer anderen Stelle sagt er**: »allein war schon das Vorkommen der Glieder der zweiten Kette etwas Seltenes und Unbeständiges, so ist dies noch weit mehr bei den entfernteren der Fall. Die Seltenheit und Unbeständigkeit der Verhältnisse wächst in jedem neuen Gebiete, in das wir übertreten, und nur wenige Gruppen, auch in anderer Beziehung sich durch Sonderbarkeit auszeichnender Gewächse begleiten uns auf diesem Wege«. Er beklagt dann einen Mangel an Erfahrung, der durch weitere Beobachtung wahrscheinlich gehoben werden wird, so dass auch die Dispositionen, für welche bis jetzt keine Beispiele bekannt sind, noch durch solche zu belegen sein werden.

Durch die Entfernung von der Hauptreihe scheinen für ihn aus dem Gesagten zwei Thatsachen zu erwachsen, nämlich eine erwähnenswerthe Unbeständigkeit in den Divergenzen und eine abnehmende Häufigkeit des Vorkommens. Die erstere ist sicher vorhanden, nicht blos wechseln die Divergenzen in derselben Art, sondern sie sind stets an demselben Sprosse variabel. Diese Erscheinung kann aber

* AL. BRAUN, Tannenzapfen 307.
** AL. BRAUN, l. c. 321.

als eine Besonderheit kaum betrachtet werden, da ja an den Zapfen der *Coniferen* die Variabilität in noch viel grösserem Umfange als z. B. bei den *Pandanus*-Arten vorkommt. Die Schuppen derselben weisen Stellungen auf, die sich nicht blos in der Hauptreihe bewegen, sondern bekanntlich auch in Nebenreihen überspringen. Aus diesen Erfahrungen erwächst eben nur ein neuer Beleg für die Ergebnisse der Schwendener'schen Untersuchungen über die Blattstellungen, dass es mit der von Al. Braun vorausgesetzten mathematischen Genauigkeit der von ihm berücksichtigten Stellungen eine eigene Bewandtniss hat, dass sie im Wesen der Pflanzen nach ganz anderen Richtungen hin begründet sind, als Al. Braun erkannt hat.

Die Häufigkeit des Vorkommens dieser von der Hauptkette erst abzuleitenden Stellungen ist eine keineswegs beschränkte, sie kommen auch nicht blos Gewächsen zu, die »sich auch sonst durch Sonderbarkeiten auszeichnen«. Wenn die gesammten Pflanzen, denen früher Stellungen nach $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ zugeschrieben wurden, viele *Liliaceen*, die *Palmen*, die *Pandanaceen*, die *Cannaceen*, *Musaceen*, viele *Scitamineen*, viele *Bromeliaceen*, die sämmtlichen kletternden *Cucurbitaceen* entweder in der Laub- oder der Blüthenregion Abweichungen von der Hauptreihe durch die Entwicklung gewundener Zeilen zeigen, wenn ferner eine überaus grosse Zahl von *Moosen*, *Lycopodiaceen*, *Farnen* ebenfalls in ihren Blattstellungen ähnliche Divergenzen aufweisen, so kann man unmöglich diese Vorkommen als Seltenheiten betrachten. Unter allen Umständen bilden diese Gewächse gegenüber denen, welche ihre Organe, wie Schwendener nachgewiesen hat, unter einem Winkel ausgliedern, der sich dem Grenzwerthe von $137^\circ\,30'\,28''$ nähert, einen recht ansehnlichen Complex. Da sich nun diejenigen Pflanzen, welche ihre Blätter durch symmetrisch scheidige Basen oder durch Nebenblätter bedingt in disticher Ordnung aufstellen, an die mit scheidigen Basen mühelos anreihen lassen, und die Gewächse, welche nach Braun mit der $\frac{1}{3}$ Stellung behaftet sind, ebenfalls ausfallen, da auch die decussierten und quirligen Stellungen nur mit Hülfe von theoretischen Interpretationen jenen Dispositionen der Hauptreihe sich anfügen lassen, so vermindert sich die Masse der Pflanzen, welche die letztere aufweisen, noch um ein ganz erhebliches Maass.

Die zweite, noch zu prüfende Frage ist die, wie verhalten sich die von mir mitgetheilten Thatsachen zu der von Schwendener entwickelten mechanischen Theorie der Blattstellung? Es kann kein Zweifel darüber obwalten, dass sie nur als eine Bestätigung des von ihm gefundenen Gesetzes angesehen werden können. Allerdings bringen sie eine Erweiterung der von ihm aufgestellten Thesen insofern, als die Orte der Neubildungen nicht stets von mindestens zwei

vorher entstandenen Primordien bestimmt werden, sondern dass unter Umständen ein Blatt (Gewächse mit scheidigen Blättern und mit grossen Nebenblättern) oder ein und ein halbes als Contaktkörper funktionieren können (*Pandanus*). Wir haben also darauf Rücksicht zu nehmen, ob bei der Entstehung von Neubildungen ein pleiophyller, hemiolophyller oder monophyller Contakt herrscht. Die Asymmetrie der Scheidentheile berechnet von der Blattspitze aus, bedingt dann Stellungen, welche denen vollkommen gleich werden können, die durch pleiophyllen Contakt hervorgerufen werden. Wenn irgend ein Hemmungskörper einen neuen Contakt einführt, so treten Abweichungen von den gewöhnlichen Verhältnissen ein (*Amicia zygomeris*). Die Stellungen in gewundenen Zeilen, welche in den Blüthenständen von *Canna*, *Hedychium*, *Tapeinochilus* und bei den kletternden *Cucurbitaceen* vorkommen, werden allein durch pleiophyllen Contakt, wenn auch unter complicierteren Verhältnissen als gewöhnlich erzeugt.

C. Ueber die Verschiebungen, die durch das Wachsthum der Axen hervorgebracht werden.

Ich habe zu wiederholten Malen diejenigen Erscheinungen zu besprechen gehabt, welche durch sogenannte Verschiebungen hervorgebracht werden, und gezeigt, dass dieselben z. Th. in der That existieren, dass sie z. Th. aber rein construktiv gewonnen worden sind, d. h. reell nicht erklärt werden können. Zu den ersteren gehören alle jene in vertikaler Richtung sich vollziehenden Lagenveränderungen, die in der formalen Morphologie auch mit dem Namen der Anwachsungen belegt worden sind. Blätter und Seitenstrahlen wachsen an Tragaxen in die Höhe, Blüthen und Inflorescenzen sind Blättern angewachsen. Sie lassen sich leicht durch interkalare Einschaltungen reell erklären, die sich zwischen den beiden Insertionsorten eingefügt haben.

Diese Verschiebungen sind aber nach einer bestimmten Richtung hin limitiert, die Körper können niemals das Internodium verlassen, in dem sie entstanden sind, das Blatt über ihnen und das unter ihnen setzt ihnen eine Grenze der Bewegungsfähigkeit. Sonst sind sie ganz allgemein betrachtet von keinem Maasse beschränkt. Die Ursache dieser Grenze liegt darin, dass sich die Interkalation unter ihnen vollzieht und dass somit alle Organe, die höher als sie selbst inseriert sind, mit emporgehoben werden. Nur dann wäre es denkbar, dass sie eine nächst höher gelegene Blattinsertionszone überschreiten könnten, wenn die Axe auf der Seite, die sie selbst trägt, einen grösseren

Zuwachs erführe, als die andere. In diesem Falle würde aber eine Krümmung erfolgen, die mit der concaven Seite nach dem höheren Blatte zugekehrt wäre. Tritt nun auf dieser concaven Seite ein Zuwachs ein, der den Stengel gerade streckt, so muss das Blatt auf der anderen Seite wieder unter die Insertionszone des Oberblattes zurücksinken.

Verschiebungen in radialer Richtung finden, wie ich an den obdiplostemonen Blüthen nachgewiesen habe, an solchen Blüthen nicht statt, für welche sie früher von Čelakovsky angenommen worden sind. Sie sind auch nur unter Bedingungen vorstellbar, welche bei Pflanzen nicht wohl eintreten dürften. Nur dann können sie sich nämlich zeigen, wenn sich keilartige Incremente im Blüthenboden einschalten und die rechts und links gelegenen, unmittelbar anstossenden Sectoren ihr Wachsthum entweder einstellen oder bis zu dem Grade verlangsamen, dass jenes Maass von Verschiebungen nach aussen resultiert. Die Folgen dieser Incremente wären einmal an der Aussenseite der Blüthe vorstehende Rippen, welche, wenn nicht im Blüthenboden die zwischenliegenden Zellelemente zerquetscht werden, mit dem Betrage des Zuwachses an Grösse concordant sein müssen. Solche Rippen sind nicht zu constatieren. Ausserdem würden in der Berührungszone der anwachsenden und der nicht oder weniger sich vergrössernden Sectoren des Blüthenbodens Zerrungen entstehen, die bei der Weichheit der Zellelemente in dem Stadium, während dessen die Verschiebungen Platz greifen, nothwendiger Weise Zerreissungen herbeiführen müssten.

Vielfach begegnen uns in der Literatur Angaben, dass tangentiale Verschiebungen sowohl in der vegetativen wie in der floralen Region der Pflanze vorkommen sollen. Ich lasse dabei alle diejenigen Angaben ausser Acht, nach denen diese Verschiebungen nur theoretisch erschlossen, allein phylogenetisch begründet, nach denen sie congenital sind, weil jede Möglichkeit einer exakten Prüfung, ob sie richtig sind, genommen ist. Aber auch diejenigen Mittheilungen, welche darauf hinzielen, eine wirklich reell vor sich gehende tangentiale Verschiebung durch Thatsachen zu belegen und durch Beobachtungen zu begründen, müssen mit grosser Vorsicht aufgenommen werden: die Untersuchungen über diesen Gegenstand sind sehr schwierig und können leicht zu Irrthümern führen, wie ich bei Gelegenheit der Prüfung über die Entwicklungsgeschichte der *Iridaceen*blüthe nachgewiesen habe. Ebenso habe ich von der Stellung der Narbenstrahlen bei den *Gramineen* gezeigt, dass eine neuerdings aufgetauchte Vermuthung, diese könnte ihre definitive Disposition durch Flankenverschiebung aus einer früheren gewonnen haben, nicht zutreffend ist.

Ich habe zwar bereits oben gezeigt, dass sich die von SACHS bezüglich der Blattstellung der Gattung *Pandanus* ausgesprochene Behauptung, die gewundenen Zeilen seien durch eine nachträgliche Verschiebung aus einer geraddreizeiligen Stellung hervorgegangen, entwicklungsgeschichtlich nicht nachweisen lässt; ich will nun im folgenden die Frage untersuchen, ob diese Verschiebung überhaupt möglich ist. Da man geneigt sein könnte, einen gleichen Entstehungsmodus gewundenzeiliger Blattstellungen auch für die höheren und niedrigeren Zeilenverbände aus geradzeiligen vorauszusetzen, so werde ich mich nicht damit begnügen, die Schraubenbäume allein ins Auge zu fassen, sondern auch die Blattstellungen der *Aloë*, des *Costus*, *Crocus* u. s. w., schliesslich die der *Cucurbitaceen* mit betrachten. Ehe ich aber auf diese Specialfälle genauer eingehe, halte ich es für wünschenswerth, die Methode zur Bestimmung phyllotaktischer Verhältnisse überhaupt zu prüfen, dann werde ich untersuchen, ob in allen Fällen die Voraussetzung, welche besonders von BRAUN-SCHIMPER gemacht wurde, dass nämlich die Divergenzwinkel constant sind, zutrifft; nach diesem präparativen Theile werde ich erst zu den Verschiebungen übergeben und werde ich diejenigen Veränderungen besprechen, die sich durch die Gestaltveränderung der Axen in den Divergenzen Geltung verschaffen müssen, und endlich kurz diejenigen Abweichungen von den früheren Stellungen prüfen, die durch den Druck der Blatt-Primordien aufeinander bei eintretendem Wachsthum der Axe erzeugt werden.

Jedermann wird zugeben, dass die Bestimmung der Divergenzen bis auf den heutigen Tag selbst den bescheidensten Ansprüchen an mathematische Genauigkeit wenig Genüge leistet. Wenn man freilich die Winkelmaasse liest, welche für die einzelnen Blattstellungsverhältnisse angegeben werden, so scheinen diese Angaben, welche selbst Bruchtheile von Sekunden registrieren, dieser Behauptung zu widersprechen und jeden nur wünschenswerthen Grad von Sicherheit auszudrücken. Wer aber weiss, auf welche Art jene Werthe gewonnen worden sind, wird sie kaum für vertrauenswürdig erachten.

In zwei Momenten liegen die Quellen der Unsicherheit jener Angaben. Die Methoden, welche gegenwärtig zur Bestimmung von Blattstellungsverhältnissen geübt werden, lassen unmittelbar überhaupt keine Winkelmessungen zu, sie führen bekanntlich nur dahin, dass jener Bruch erhalten wird, dessen Nenner eine bestimmte Zahl Blätter angiebt, welche auf einer gewissen Zahl von Schraubenumgängen vertheilt sind.

Ob ich nun zur Bestimmung dieses Bruches die Parastichen abzähle, die sich rechts und links in möglichster Steilheit durch ein Anfangsblatt f^1 bewegen, oder ob ich mit dem Augenmaasse das

Blatt direkt zu ermitteln versuche, welches über jenem f^1 sich befindet, und die Blätter abzähle, die auf so und so viel Schraubenumläufe kommen, das Resultat bleibt dasselbe. Die Divergenzen werden erst aus dem Bruche durch das Calcül ermittelt.

Die Festsetzung desjenigen Blattes, welches über einem gegebenen Anfangsblatte f^1 in orthosticher Lage angeheftet ist, macht sehr grosse Schwierigkeiten, viel grössere als man sich gewöhnlich denkt. Ich habe mich, um die Treffsicherheit zu bestimmen, wieder einer Tafel bedient, welche das Blattstellungsverhältniss von $\frac{21}{55}$ in Punkten, die von rothen Ringen umfasst waren, auf einer abgerollten Cylinderfläche darstellte. Als ich diese Tafel einer grossen Anzahl auch botanisch geschulter und mit den Blattstellungsgesetzen vertrauter Personen vorlegte, hat nicht eine einzige vermocht, den Ring anzugeben, der mit f^1 in einer und derselben Geradzeile lag, trotzdem dass die Entfernung beider Punkte nur 29 cm betrug und die Divergenzeinheit $\frac{1}{55}$ der Cylinderfläche 3,5 mm ausmachte. Ja selbst, wenn ich die Construktionslinien des Systems nicht wegnahm, machte ich an mir selbst die Beobachtung, dass ich erst nach einiger Uebung glücklich mit dem Auge an den benachbarten Punkten vorbei auf der Orthostiche hinglitt, in der Regel irrte das Auge von der Zeile ab und kam auf eine benachbarte.

Um wie viel grösser ist nicht die Möglichkeit des Irrthums, dass ein viel tiefer stehendes, von der wahren Orthostiche nicht getroffenes Blatt für ein gerade übergestelltes genommen wird, an einem beblätterten Zweige? Die Verhältnisse liegen nach verschiedenen Richtungen um vieles ungünstiger. Ich will ganz absehen von den niemals fehlenden Verbiegungen und Krümmungen der Axe, die stets die Schärfe der Beobachtungen beeinträchtigen, und von den Farbennuancen, deren Grenzzone sehr leicht wie eine Construktionslinie zu einem irreleitenden Führer werden kann, ich will vielmehr annehmen, dass eine regelmässige und gleichfarbige Axe gegeben sei. Um mich an concrete Gegenstände zu halten, habe ich den Wassertrieb einer Hundsrose mit mehr als 55 Blättern und den eines Weissdorns, der mehr als 34 Blätter hatte, einer Prüfung unterworfen. Bei der ersteren überzeugte ich mich, dass eine Stellung aus der Hauptreihe entwickelt war, ich konnte aber selbst durch Ablothungen nicht ins Reine kommen, ob dieselbe durch $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$ oder einen der höheren Divergenzwerthe auszudrücken sei. Ich berechnete mir nun, welche Form meine obige Tafel haben würde, wenn ich auf ihr diesen Fall unter der Voraussetzung der $\frac{21}{55}$ Stellung eintrug. Die Blätter hatten eine Distanz von 4 cm im Mittel und standen auf einer Axe, deren Durchmesser 3—8 mm, im Mittel etwa 5 mm betrug. Die Länge der Axe

bez. meiner Tafel wuchs also von f^1—f^{56} zu $4 \cdot 55$ cm = 225 cm an. Die Divergenzeinheit für eine Axe von 5 mm Durchmesser ergiebt bei einer $\frac{21}{55}$ Stellung $\frac{5 \cdot 3{,}14}{55}$ mm = 0,28 mm, d. h. die Hülfslinien stehen um diese Grösse in horizontaler Richtung von einander ab.

Wenn ich nun im Verfolge der Orthostiche durch f^1 nur um diese Grösse nach rechts (bei einer Curve, die gegen den Zeigergang der Uhr verläuft) abweiche, so treffe ich bereits in f^{34} auf ein superponiertes Blatt. Mache ich denselben Fehler nach links, so komme ich schon in f^{22} auf ein solches. Es genügt eine linke Abweichung von $2 \cdot 0{,}28$ mm, um f^{14} über f^1 zu bringen, und eine rechte von $3 \cdot 0{,}28$ mm, damit f^9 über f^1 gefunden wird.

Bei dem Weissdorne war der senkrechte Abstand der Blätter 3 cm im Durchschnitt, der Axendurchmesser betrug im Mittel 3 mm, demgemäss ergiebt sich für eine voll ausgebildete Spirale nach $\frac{21}{55}$ eine Axenlänge von 168 cm. Die Divergenzeinheit ist 0,17 mm und die rechts seitliche Abweichung von

$1 \cdot 0{,}17$ mm genügt, um aus der $\frac{21}{55}$ Stellung die $\frac{13}{34}$ Stellung,

die links seitliche von

$1 \cdot 0{,}17$ mm, um aus der $\frac{21}{55}$ Stellung die $\frac{8}{21}$ Stellung,

die links seitliche von

$2 \cdot 0{,}17$ mm, um aus der $\frac{21}{55}$ Stellung die $\frac{5}{13}$ Stellung,

die rechts seitliche von

$3 \cdot 0{,}17$ mm, um aus der $\frac{21}{55}$ Stellung die $\frac{3}{8}$ Stellung

zu machen.

Bis zu f^{35} beträgt aber die Entfernung an dem Rosenzweige $4 \cdot 34$ cm = 136 cm, bei dem Weissdorn $3 \cdot 34$ = 102 cm. Auf diese Distanzen hin eine seitliche Abweichung von $\frac{1}{3}$ mm für die erste, kaum $\frac{1}{5}$ mm für die zweite zu vermeiden, ist mit dem Augenmaasse vollkommen unmöglich, denn ein mässig dicker Zwirnsfaden, den ich zur Feststellung der Orthostiche benutzen würde, deckt schon zwei Divergenzeinheiten zu. Ja selbst die seitliche Abweichung von drei Divergenzeinheiten, d. h. $3 \cdot 0{,}28$ mm = 0,8 mm für die Rose und $3 \cdot 0{,}17$ mm = 0,5 mm für den Weissdorn bis zu f^9 kann bei einer Axenlänge von $8 \cdot 4 = 32$ cm bez. $8 \cdot 3 = 24$ cm nicht vermieden werden. Aus dieser Erfahrung geht hervor, warum wir an langgestreckten Axen ausnahmslos die minder complicierten Blattstellungsverhältnisse wahrnehmen und warum andererseits die gestauchten Sprosse ohne jegliche Ausnahme durch die Divergenzbrüche wiedergegeben werden, welche im Zähler und Nenner höhere Zahlenwerthe besitzen. Nachdem nun von Schwendener schon früher darauf hingewiesen worden ist, dass jene Blattstellungen in niederen Brüchen am Vege-

tationskegel der vegetativen Sprosse niemals gesehen werden, sondern immer Verhältnisse, welche sich dem Grenzwerthe nähern, bedingt durch die mechanische Nothwendigkeit, wird uns jetzt klar, dass die einfacheren Relationen nur erzeugt werden durch die Unmöglichkeit, mit Hülfe des Augenmaasses an den gedehnten und stark verlängerten Sprosssystemen jene Blattstellung in complicierteren Divergenzen noch nachzuweisen.

P. Teitz hat früher nachgewiesen, dass durch eine geringe Verschiebung der Blätter, hervorgebracht durch die drehende Wirkung der Blattspurstränge, aus den Stellungen mit complicierteren Divergenzbrüchen die einfachen Dispositionen erwachsen. Mir stehen über die Thatsache keine Erfahrungen zu Gebote, ich will aber nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass nach meinen Beobachtungen diese Verschiebungen keineswegs nothwendig sind, um die Vereinfachung der Blattstellungsverhältnisse zu Divergenzen mit kleineren Zahlen befriedigend zu erklären. Indem durch die Verlängerung der Blattsysteme Zeilengänge von immer kleineren Zahlen zu steilerer Aufrichtung gelangen und zugleich, wie ich oben nachgewiesen habe, immer sinnfälliger werden, erwächst auch durch sie das Resultat, dass die aus den Parastichen zu ermittelnden Zähler und Nenner der Divergenzbrüche mit zunehmender Entfernung der Blätter von einander immer kleiner werden müssen.

Ein anderweitiger offenbarer Mangel, mit welchem die Al. Braun-sche Methode zur Ermittlung der Blattstellungen behaftet ist, liegt darin, dass Bruchstücke irgend eines Systems nicht richtig bestimmt werden können. So gut wie aber eine $\frac{3}{8}$ Stellung nicht immer mit dem neunten Blatte schliesst, sondern beliebig weit fortgesetzt sein kann, so braucht sie auch nicht die Vollzahl der Blätter für einen Cyklus zu erreichen, sondern kann mit weniger Elementen beschlossen werden. Da für die Braun'sche Methode das Aufsuchen des ersten superponierten Blattes geboten ist, oder die am nächsten an die Orthostiche rechts und links heranreichenden Parastichen gezählt werden müssen, so ist für alle auf diese Weise ungeschlossenen Dispositionen eine Bestimmung unmöglich oder sie wird, was zweifellos häufig vorgekommen ist, fehlerhaft.

Rechnen wir nun noch hinzu, dass Al. Braun übersehen hat, wie die Blattstellungen in gewundenen Zeilen vielfach nach seiner Methode falsch bezeichnet werden, so wird sich ein Zweifel an der Richtigkeit der bisherigen Resultate nothwendiger Weise aufdrängen und wir werden zu der Meinung kommen, dass die Genauigkeit der Winkelangaben bis auf Bruchtheile von Sekunden völlig illusorisch ist.

Angenommen indes, die Bestimmungen der geraden Superposition

zweier Blätter würde mit einer Genauigkeit gemacht, die allen, selbst den höchsten Anforderungen gerecht wäre, so würde das Resultat doch durchaus nicht mit Sicherheit Verwendung zur Berechnung der Divergenzen finden dürfen. Wir machen nämlich mit Hülfe dieser Methode ganz und gar keine andere Erfahrung, als dass an der Axe Orthostichen verlaufen und wieviel derselben vorhanden sind. Der Bruch $\frac{m}{n}$, welcher das Blattstellungsverhältniss ausdrückt, sagt uns allerdings, dass zwischen zwei bestimmten senkrecht übereinander stehenden Blättern f^0 und f^n, deren n auf eine gewisse Zahl von Umgängen, nämlich m vertheilt sind; aber über die Winkelabstände dieser Organe unter sich giebt uns der Bruch keine Auskunft. Die stillschweigend angenommene Voraussetzung, dass diese Abstände alle unter sich gleich sein müssen, ist doch ganz willkürlich. Sobald die Abstände in rhythmisch wiederkehrender Folge gleich, sobald sie also nach einem bestimmten Gesetze variabel sind, werden an der Axe ganz ebenso Orthostichen von Blättern verlaufen, als wenn die Divergenzwinkel constant sind.

In einem ganz bestimmten Falle ist der Irrthum, welchen die früheren Bestimmungen der Blattstellungen mit sich führten, bereits offenbar geworden. Heute erkennen wir in der zweizeilig dorsiventralen Stellung ein besonderes phyllotaktisches Verhältniss, weil wir wissen, dass die Divergenzwinkel auf der Bauchseite des Sprosses von denjenigen auf der Rückenseite verschieden sind. Früher wurden alle diese Dispositionen für streng distich angesehen, mit beiderseitig gleichen Divergenzen: entweder kamen die Unterschiede überhaupt nicht zum Bewusstsein, oder die Abweichung wurde als so unwesentlich erachtet, dass eine kleine Verschiebung angebracht wurde, um die Natur zu corrigieren.

Wenn sich in einer der physikalischen Disciplinen ein Gesetz offenbart, welches mit dem aus den Blattstellungen gewonnenen analog ist, so wird die erste Forderung sein, dass durch genaue Messungen an den Objekten geprüft wird, welcher Grad von Genauigkeit den berechneten Winkeln zukommt, bis zu welchem Maasse machen sich Schwankungen geltend und welches sind die Grenzen der Fehler, die in Anrechnung zu bringen sind? Obgleich nun jetzt seit der Begründung der Blattstellungstheorie mehr als ein halbes Jahrhundert verstrichen ist, hat man diese Forderung nicht gestellt; so lange aber diese Untersuchungen nicht gemacht worden sind, kann von einem Vergleich der Resultate, die durch das Calcül gewonnen worden sind, und der in der Natur vorkommenden Verhältnisse keine Rede sein und der BRAUN-SCHIMPER'schen Blattstellungstheorie fehlt

diejenige sichere Basis, welche stets einen besonderen Vorzug der Naturwissenschaften gegenüber anderen Wissenschaften ausmachen soll.

Die Zukunft muss uns also nothgedrungen einen umfangreichen Zahlenapparat herbeischaffen, zu dem aber nicht, wie jetzt, eine sorgfältige Auslese des Beobachtungsmaterials vorgenommen werden soll. Wer gegenwärtig die Blattstellungsgesetze demonstriert, nimmt nicht, wie wohl sonst allgemein geschieht, beliebige Objekte derjenigen Pflanze vor, welche das ihr eigenthümliche Verhältniss zeigen sollen, sondern er verwirft von den ihm gebotenen Zweigen eine meist nicht geringe Zahl, weil sie nicht geeignet sind. Das Unpassende liegt aber nicht, wie bei einem Krystall, darin, dass das Gesetz undeutlich ausgeprägt ist. Der Mineraloge wird für die Demonstration desselben eine bestimmte Auswahl treffen: die Fläche an einem Krystall tritt oft nicht klar genug in Erscheinung, sie ist nicht gleichmässig genug ausgebildet und deswegen für das Verständniss des Anfängers nicht zugänglich genug. Wenn aber der Geübtere sie betrachtet, so findet er leicht heraus, dass doch die Schnittverhältnisse zu den übrigen Flächen völlig gesetzmässig sind, dass die Flächen zu den Axen des Krystalles die geforderte Lage haben. Aus dem Grunde, weil die Divergenzen nicht klar genug ausgeprägt sind, obschon sie der normalen Proportion entsprechen, verwirft der Botaniker gewisse Objekte nicht, sondern er legt sie bei Seite, weil an dem Zweige das Gesetz überhaupt nicht zum Ausdrucke gelangt.

Das Maass der Constanz in den Blattstellungen an ein und derselben Pflanze muss also unbedingt durch genaue Winkelmessungen festgesetzt werden; diese Beobachtungen sind meines Erachtens eine gebieterische Nothwendigkeit. Damit sie aber gemacht werden können, müssen wir uns erst darüber verständigen, was eigentlich als Divergenzwinkel gemessen werden soll. An und für sich erscheint eine solche Vornahme überflüssig, wenn wir aber die Breitenausdehnung eines Blattes erwägen, die oft den Umfang der tragenden Axe um das Vielfache übertrifft, und wenn wir uns die ungleichen Grössen der Blätter vorstellen, so wird es sogleich klar werden, dass von dem Blatte nur ein kleiner Theil als Marke für die Divergenz gebraucht werden kann, wir müssen mit anderen Worten in dem Blatte nach einem Fixpunkte suchen. Dieser wird eine solche Lage haben müssen, dass er in den übrigen Blättern leicht und sicher wieder gefunden werden kann. Ich habe bei den von mir unten mitgetheilten Messungen, die sich nur auf Monocotylen erstrecken, als Fixpunkt die Blattspitze gewählt. Ich bevorzugte sie deswegen, weil die Spitze mit dem Scheitel des Primordes zusammenfällt, als das jedes Blatt der von

mir untersuchten Pflanzen aus der Axe, dem Vegetationskegel hervortritt, weil sie also den Ort der ersten Anlage bestimmt.

Nicht immer ist es thunlich, die Spitze direkt zur Messung zu verwenden; man wird aber leicht die Erfahrung machen, dass die Spitze in diejenige Ebene fällt, welche in der Mitte des Nervus medianus senkrecht auf die Blattspreite durch die Axenseele gelegt werden kann. Da nun die Richtungsunterschiede dieser Ebenen durch die aufeinander folgenden Blätter die Divergenzwinkel sind, so wird durch die Einstellung auf die Mitten der Rückennerven ebenfalls die Lage der Blattspitzen bestimmt werden. In Knospenquerschnitten wird man als Fixpunkt wiederum denjenigen Punkt wählen können, welcher im Dickenmaximum an einem Blatte am weitesten nach aussen gelegen ist. Dieser Punkt trifft wiederum mit der Mitte des Rückennerven zusammen.

Für die Bestimmung der Divergenzen nach genauen Messungen genügt aber nicht blos ein fixer Punkt in dem Blatte, wir bedürfen vielmehr noch eines Punktes beziehungsweise einer Linie in der Axe, mit welchen die Fixpunkte des Blattes in Beziehung gesetzt werden. Projicieren wir uns die Fixpunkte der Blätter auf eine Ebene, so ist jener Punkt das Centrum, von dem aus die Divergenzstrahlen nach jenen Phyllomen gezogen werden. Operieren wir an dem körperlichen Gebilde, so müssen durch jene Axenseele die Ebenen durch die fixen Punkte der Blätter gelegt werden.

Bei den Untersuchungen über die Blattstellungen dachte man sich früher ausnahmslos kreisförmige Querschnittselemente der Axe. Unter dieser Annahme war der Axenfixpunkt unmittelbar als gegeben vorausgesetzt; ohne dies ausdrücklich hervorzuheben, wurden stillschweigend die Radien stets von dem Centrum jenes Kreises aus gezogen. Es ist aber schon längst bekannt, dass die Querschnittsareale der Axen durchaus nicht immer von kreisförmiger Gestalt sind. Wir kennen elliptische, dreiseitige, fünfseitige u. s. w. Welcher Punkt soll dann als Fixpunkt der Axe gewählt werden? Schon bei den elliptischen Querschnitten kann man im Zweifel sein, ob man den Schnittpunkt von langer und kurzer Axe oder ob man einen der Brennpunkte wählen soll. In einem gleichseitigen Dreiecke fallen alle ausgezeichneten Punkte mit einander zusammen. Welche Entscheidung soll aber getroffen werden, wenn ein ungleichseitiges Dreieck als Axenquerschnitt resultiert? In diesem Falle hat der Durchschnittspunkt der Radien des umschriebenen und des eingeschriebenen Kreises, der drei Transversalen und der drei Höhen völlig gleiche Berechtigung, d. h. zu bevorzugen ist keiner. Ebenso schwierig ist die Beantwortung der Frage nach dem axilen Fixpunkte, wenn der Stengel durch herab-

laufende Kanten ein Polygon darstellt. Unter diesen Umständen kann die sichere, fehlerfreie Festsetzung der Divergenzwinkel unter Umständen völlig unmöglich werden.

Zuweilen ist man aber im Stande, die Gestalt der Axe völlig zu eliminieren und den Fixpunkt des ganzen Systems geometrisch zu construieren, wenn man nämlich Knospenquerschnitte zur Bestimmung der Divergenzwinkel verwendet. Ich will diese Bestimmung an einem ganz concreten Beispiele erläutern.

Mir soll zu diesem Zwecke eine Knospe von *Cyperus papyrus* dienen, die ich so durchgeschnitten habe, dass die bereits ziemlich weit entwickelten zehn Blätter senkrecht getroffen worden sind. Der Vegetationskegel, welcher mit den Anlagen des 11. bis 13. Blattes durch den Schnitt entfernt worden ist, hatte an seiner Basis die Form einer flachen Kappe von nicht rein kreisförmigem, sondern an das gerundet dreiseitige herangehendem Querschnittsareale. Ein Mittelpunkt war in dem System nicht mit Sicherheit zu bestimmen.

Die Fixpunkte in den Blättern wurden so gewonnen, dass ich die nach aussen gerichteten Stellen im Dickenmaximum jedes Blattes festhielt. Ich durchstach die Punkte, nachdem ich mit Hülfe des Zeichenapparates eine 56fache Vergrösserung so genau wie möglich gemacht hatte, und übertrug sie auf ein Blatt Papier, indem ich dieselben nach ihrer Knospenlage mit den ihnen zukommenden Ziffern belegte. Auf diese Weise erhielt ich ein System von Punkten, in dem ich die Divergenzbestimmungen mit grösserer Genauigkeit als auf irgend eine andere Methode vornehmen konnte, vorausgesetzt, dass ich den Fixpunkt der Axe gefunden hatte, von dem aus die Divergenzstrahlen zu ziehen waren.

Lasse ich die Blätter f^1 und f^2 aus meiner Betrachtung weg, von denen die frühere Theorie meinte, dass sie als Einleitungsblätter niemals das in der Pflanze herrschende Blattstellungsgesetz zum Ausdrucke bringen, und von denen auch hier deutlich war, dass sie um fast 180° divergierten, während die weiter innen gelegenen Blätter einen sichtlich kleineren Richtungsunterschied einhielten, so muss nach jener Anschauung von f^3 an eine Constanz in den Divergenzen vorliegen. Das von mir zu untersuchende Problem wird also lauten: für die Punkte f^3, f^4, f^5, f^6, f^7 ist ein Punkt O zu suchen, von der Beschaffenheit, dass die Winkel f^3Of^4, f^4Of^5, f^5Of^6, f^6Of^7 einander gleich sind. Das Resultat kann ein zweifaches sein, entweder wird durch die sogleich zu entwickelnde Construction ein solcher Punkt gefunden, und dann brauche ich nur einen der Winkel mit dem Transporteur zu messen; oder ein gemeinschaftlicher Punkt ist nicht vorhanden, und dann sind die Divergenzwinkel inconstant, von welchem

Punkte im Innern des Systemes sie auch immer bestimmt werden mögen.

Ich kann für die Punkte f^3, f^4 und f^5 unter allen Umständen den geometrischen Ort desjenigen Punktes O ermitteln, welcher die Beschaffenheit hat, dass die Winkel f^3Of^4 und f^4Of^5 einander gleich sind; desgleichen bin ich im Stande, den entsprechenden geometrischen Ort für f^4, f^5 und f^6 zu finden, der so beschaffen sein muss, dass Winkel f^4Of^5 und f^5Of^6 einander gleich sind. Der Ort wird jedesmal eine Curve darstellen; dort, wo sich beide Curven schneiden, wird derjenige Punkt liegen, von dem aus die Strahlen nach f^3—f^6 gleiche Winkel einschliessen. Wenn ich nun dieselbe Curve construiere für f^5, f^6 und f^7, so wird der Durchschnittspunkt O^1 dieser mit der Curve für f^4, f^5 und f^6 abermals von der Art sein, dass die Strahlen nach den Punkten f^4—f^7 gleiche Divergenzen bilden. Fällt nun O mit O^1 zusammen, so ist für die 5 Punkte f^3—f^7 nachgewiesen, dass die Divergenzen von einem einzigen Punkte aus gleich sind; fallen aber O und O^1 nicht zusammen, so sind die Divergenzen der Blätter nicht gleich.

Die Gleichung für den geometrischen Ort von der geforderten Beschaffenheit wird auf folgende Weise gewonnen:

A, B und C seien drei gegebene Punkte und O sei ein Punkt der Curve, welcher den gegebenen Anforderungen entspricht, so ist (Taf. VI, Fig. 2)

$$AOB = BOC.$$

Da die Winkel einander gleich sind, so muss die Verlängerung von OB, die Linie OD, den Winkel AOC halbieren; dann gilt folgende Proportion:

$$\text{I.} \qquad AD : DC = AO : OC.$$

Lege ich nun das Coordinatenkreuz so, dass die x-Axe durch A und C geht und dass die y-Axe in A senkrecht auf der x-Axe steht, so hat

A die Coordinaten $x = o \quad y = o$
B - - $x = x_2 \quad y = y_2$
C - - $x = x_1 \quad y = o$

Die Coordinaten von O aber seien $x = \xi \quad y = \eta$.

Wenn ich nun η durch die gegebenen Grössen und durch ξ ausdrücke, so werde ich eine allgemeine Gleichung der Curve erhalten, aus deren Diskussion der Gang derselben festgestellt werden kann.

Die Grösse, um deren Ermittelung es sich in unserem Falle ganz besonders handelt, ist DE. Ich kann sie aus folgender Proportion berechnen: Die Linie OE geht parallel BF, weil beide senkrecht auf der x-Axe stehen. Daher gilt die Proportion:

$$DE : EF = OE : BF,$$

oder indem ich die Coordinatenwerthe einsetze:

$$DE : x_2 - \xi + DE = \eta : y_2.$$

Daraus ergiebt sich

$$DE \cdot y_2 = (x_2 - \xi + DE)\eta$$

oder

$$DE\,(y_2 - \eta) = (x_2 - \xi)\,\eta$$

oder

$$DE = \frac{(x_2 - \xi)\,\eta}{y_2 - \eta}.$$

Nun ist aber ausserdem

$$AO = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} \text{ und } OC = \sqrt{(x_1 - \xi)^2 + \eta^2}$$

Folglich erhalte ich, wenn ich die ermittelten Werthe in I. einsetze:

$$\xi - \frac{(x_2 - \xi)\eta}{y_2 - \eta} : x_1 - \xi + \frac{(x_2 - \xi)\eta}{y_2 - \eta} = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} : \sqrt{(x_1 - \xi)^2 + \eta^2}$$

Bringe ich die rechte Seite der Proportion auf gemeinschaftlichen Nenner, so ergiebt sich:

$$\xi y_2 - \xi\eta - x_2\eta + \xi\eta : x_1 y_2 - \xi y_2 - x_1\eta + \xi\eta + x_2\eta - \xi\eta =$$
$$\sqrt{\xi^2 + \eta^2} : \sqrt{(x_1 - \xi)^2 + \eta^2}$$

oder

$$\xi y_2 - x_2\eta : y_2\,(x_1 - \xi) - \eta\,(x_1 - x_2) = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} : \sqrt{(x_1 - \xi)^2 + \eta^2}$$

Will ich nun η berechnen, so erhalte ich derart complicierte Ausdrücke, dass ich mit Hülfe einfacher mathematischer Operationen nicht zum Ziele komme. Ich habe deshalb die weitere Verfolgung über die Ermittlung der Curve aufgegeben und habe einen anderen Weg eingeschlagen. Eine bekannte Eigenschaft der Ellipse ist, dass die Normale in einem Punkte derselben mit den von diesem Punkte nach den Brennpunkten gezogenen radii vectores gleiche Winkel bildet (Reflexionsgesetz). Wenn ich nun um die Punkte A und C als Brennpunkte eine Ellipse beschreibe, so ist der Punkt O in derselben ein Punkt des geometrischen Ortes, sobald die in ihm errichtete Normale durch den Punkt B geht. Will ich also einen Curvenpunkt finden, so habe ich nur von B aus ein Loth auf die Ellipse herabzulassen. Daraus geht hervor, dass die Curve construiert werden kann, wenn ich von B aus Lothe fälle auf ein System confocaler Ellipsen, deren Brennpunkte in A und C liegen.

Die Gleichung der gesuchten Curve berechnet sich folgendermaassen:

Es sei $AC = 2e$ und $2a$ sei die grosse Axe einer Ellipse, welche A und C zu Brennpunkten hat, dann ist die Gleichung der Ellipse:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2-e^2} = 1.$$

Die Gleichung einer Normalen in einem Punkte $\xi\ \eta$ dieser Ellipse ist

$$\frac{a^2x}{\xi} - \frac{(a^2-e^2)\,y}{\eta} = e^2,$$

und da diese durch den Punkte C mit den Coordinaten m und n hindurchgehen soll:

$$\frac{a^2m}{\xi} - \frac{(a^2-e^2)n}{\eta} = e^2.$$

Hieraus erhalte ich

$$\frac{a^2m}{\xi} - \frac{a^2n}{\eta} + \frac{e^2n}{\eta} = e^2$$

oder

$$a^2\left(\frac{m}{\xi} - \frac{n}{\eta}\right) = e^2\left(1 - \frac{n}{\eta}\right),$$

d. h.

$$a^2 = \frac{e^2\left(1 - \frac{n}{\eta}\right)}{\frac{m}{\xi} - \frac{n}{\eta}}$$

oder

$$a^2 = \frac{e^2\left(1 - \frac{n}{\eta}\right)\cdot\xi\eta}{m\eta - n\xi}$$

$$= \frac{e^2(\eta - n)\,\xi}{m\eta - n\xi}.$$

Daher ist

$$a^2 - e^2 = \frac{e^2(\eta - n)\,\xi}{m\eta - n\xi} - e^2$$

$$= \frac{e^2\eta\xi - e^2n\xi - e^2m\eta + e^2n\xi}{m\eta - n\xi}$$

$$= \frac{e^2(\xi - m)\,\eta}{m\eta - n\xi}.$$

Die Coordinaten ξ, η genügen der Gleichung

$$\frac{\xi^2}{a^2} + \frac{\eta^2}{a^2 - e^2} = 1,$$

weil O ein Punkt der Ellipse ist.

Setze ich nun die Werthe von a^2 und $a^2 - e^2$ ein, so erhalte ich die Gleichung des gesuchten geometrischen Ortes in der Form

$$\frac{\xi^2}{\frac{e^2(\eta-n)\xi}{m\eta-n\xi}}+\frac{\eta^2}{\frac{e^2(\xi-m)\eta}{m\eta-n\xi}}=1,$$

oder

$$\frac{\xi}{\eta-n}+\frac{\eta}{\xi-m}=\frac{e^2}{m\eta-n\xi},$$

der ich auch folgende Form geben kann:

$$[\xi(\xi-m)+\eta(\eta-n)](m\eta-n\xi)=e^2(\eta-n)(\xi-m).$$

Aus dieser Gleichung ergiebt sich, dass die Curve dritten Grades ist.

An Stelle von der Ellipse kann ich auch von der Hyperbel ausgehen; ich habe dann statt der Normalen die Tangente von dem Punkte *B* aus zu ziehen, da diese mit den radii vectores gleiche Winkel bildet. Es ergiebt sich dann der Satz:

Der gesuchte geometrische Ort ist der Ort der Berührungspunkte aller Tangenten, welche von *B* aus an das System confocaler Hyperbeln gezogen werden können, die *A* und *B* zu Brennpunkten haben.

Auch die Discussion dieser Curven ist mit sehr erheblichen Schwierigkeiten verknüpft, weil die weitere Behandlung der Gleichung sehr complicierte und nicht einfach zu übersehende Werthe giebt. Ich habe mich daher damit begnügt, die Curve graphisch zu construieren, indem ich die Senkrechten von *B* aus auf die Ellipsen fällte. Schlägt man diesen Weg der graphischen Darstellung ein, so kann man leicht ein noch einfacheres Verfahren auffinden.

Wenn ich nämlich (Fig. 3) über der Linie *AC* einen Bogen construiere, und in der Mitte von *AC* eine Senkrechte errichte, hierauf den Punkt *D*, wo die Mittelsenkrechte nach unten zu den Kreis schneidet, mit *B* verbinde, so ist dort, wo diese Linie den Kreis schneidet, ein Punkt der Curve.

Der Beweis dafür, dass dieser Punkt der Anforderung, welche ich an die Curve gestellt habe, entspricht, wird dadurch gegeben, dass der $\angle AOC$ halbiert ist, d. h. $\angle AOD = DOC$. Sie müssen aber gleich sein, weil sie auf den Bögen $\widehat{AD}$ und $\widehat{DC}$ stehen, die halb so gross sind, wie der Bogen $\widehat{ADC}$, auf dem $\angle AOC$ steht.

Will ich die Curve construieren, so habe ich nur eine Kreisschaar durch die Punkte *A* und *C* zu ziehen, dann *B* mit dem unteren Durchschnittspunkte eines Kreises und der Mittelsenkrechten zu verbinden und finde in dem Durchschnittspunkte dieser Linie mit dem bezüglichen Kreise einen Curvenpunkt.

Auf diesem Wege kann ich mir leicht wenigstens einen Ast und zwar denjenigen, welcher innerhalb der drei Punkte liegt, graphisch

darstellen. Damit ist freilich die ganze Curve nicht gewonnen, denn wie man sich leicht überzeugt, giebt es für viele Kreise noch einen zweiten Punkt, der den Anforderungen der Curve genügt. In dem Kreise, der durch O geht, befindet sich noch der Punkt O^1, welcher ebenfalls die Besonderheit hat, dass $AO^1B = BO^1C$.

Der Punkt O^1 wird einfach dadurch gefunden, dass ich B mit dem zweiten nach oben gelegenen Durchschnittspunkte der Mittelsenkrechten und des Kreises, welcher in D^1 liegt, verbinde und die Verbindungslinie so weit verlängere, bis sie den Kreis unterhalb der Linie AC schneidet. Der Beweis ist dem oben geführten entsprechend. Liegt, wie in Fig. 3, die Verlängerung von BD^1 in dem Theile des Kreises oberhalb AC, so ist O^1 kein Curvenpunkt.

Für meine gegenwärtige Betrachtung sind aber natürlicher Weise alle diejenigen Curvenpunkte, welche ausserhalb des Dreiecks ABC liegen, ohne Belang, denn der Mittelpunkt, von welchem aus die Insertionsradien in einem Blattsysteme gezogen werden, muss nothgedrungen, falls alle Blätter gleiche Divergenzen haben sollen, innerhalb der fixen Punkte in den Blättern liegen. Befindet sich der Punkt O ausserhalb des Dreiecks, so ist die Möglichkeit, dass die Divergenzen gleich sein können, nicht gegeben.

Der geometrische Ort des Punktes stellt eine Curve dar, welche innerhalb der drei Punkte im äusseren Aussehen etwa einem Hyperbelaste gleicht. Sie beginnt bei dem Punkte B, verläuft zunächst eine Strecke weit fast gemeinschaftlich mit der Winkelhalbierenden von ABC, biegt dann von ihr ab und schneidet dort durch, wo die Senkrechte aus B auf AC diese Linie trifft. In diesem Punkte verlässt sie das Dreieck und verliert für die gegenwärtige Betrachtung das Interesse.

Ich habe nun in dem concreten, oben erwähnten Falle aus einer Knospe von *Cyperus papyrus* die Curve C 3, 4, 5 construiert, welche so beschaffen ist, dass jeder Punkt mit f^3 und f^4, sowie mit f^4 und f^5 gleiche Winkel bildet. Dann habe ich die entsprechende Curve C 4, 5, 6 gezeichnet für f^4, f^5 und f^6, so dass mit f^4Of^5, sowie f^5Of^6 ebenfalls gleiche Winkel sind. Dort, wo sich die beiden Curven schneiden, liegt ein Punkt O von der Beschaffenheit, dass die Winkel f^3Of^4, f^4Of^5, f^5Of^6 einander gleich sind, sobald ich O mit f^3 f^4 f^5 f^6 verbinde. Nehme ich nun aus dem Systeme noch ein folgendes Blatt f^7 und construiere den geometrischen Ort von der Beschaffenheit, dass $f^5Of^6 = f^6Of^7$ ist, so muss für den Fall, dass bis dahin die Divergenzwinkel wirklich gleich sind, die Curve durch den Schnittpunkt der ersten beiden geometrischen Oerter gehen. Wie Taf. VI,

Fig. 4 zeigt, ist dies nicht der Fall, die letzte Curve schneidet die beiden anderen in zwei Punkten. Aus dieser Wahrnehmung geht hervor, dass in dem Blattsysteme von *Cyperus papyrus* kein Punkt existiert, der als Fixpunkt für die Insertionsstrahlen zur Bestimmung gleicher Divergenzen dienen kann. Ich werde nur dann constante Divergenzen erhalten, wenn ich den Punkt im Innern der Axe, von dem aus ich die Insertionsstrahlen ziehe, wechseln lasse, oder mit anderen Worten, bei einem festen Punkte sind die Divergenzwinkel inconstant.

Auf dieses Verhältniss der inconstanten Divergenzen, das ich an dem Beispiele des *Cyperus papyrus* demonstriert habe, wollte ich von vornherein aufmerksam machen. Wir werden ihm im Folgenden noch vielfach begegnen, ja die variablen Divergenzen scheinen den Monocotylenblättern mit scheidiger Basis in sehr vielen Fällen eigenthümlich zu sein, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird.

Nachdem ich an einem Beispiele, welches bestimmt die genaueste Messung zuliess, die Inconstanz der Divergenzen erkannt hatte, gewannen erst eine grosse Reihe von anderen Messungen an Vertrauen und somit an Werth, die ich im Laufe der letzten Jahre an Pflanzen mit mehr oder minder deutlich ausgeprägten Blattstellungen in schraubig gewundenen Zeilen vorgenommen hatte. In der Knospe von *Cyperus papyrus* waren die Blätter noch so eng an einander gepackt, dass mechanische Verdrückungen der Linien, in welchen die charakteristischen, für die Messungen wichtigen Punkte lagen, nicht vorgekommen sein konnten. Die Lage ferner der fixen Punkte war auf ein so enges Feld beschränkt, dass ihre Festsetzung keinerlei Schwierigkeiten bereitete. An der Richtigkeit der graphischen Aufnahme war nicht im mindesten zu zweifeln. Dies Maass der Inconstanz war ein so beträchtliches, dass der Winkel $f^6 O f^7$ einen Werth von 94° 30′, 104°, 113° hatte, je nachdem ich den Schnittpunkt der Curve *C* 3, 4, 5 und *C* 4, 5, 6, oder den von *C* 3, 4, 5 mit *C* 5, 6, 7 oder den von *C* 4, 5, 6 und *C* 5, 6, 7 wählte.

Bei den früher von mir ausgeführten Messungen wählte ich als Axenfixpunkt die Mitte des zu untersuchenden Sprosses. Ich gewann denselben dadurch, dass ich den betreffenden Körper senkrecht mit Hülfe von Nadeln oder mit dickem Leim auf einem Bogen Papier befestigte und dass ich ein Loth mit langer feiner Spitze so über der Pflanze befestigte, dass die Spitze möglichst tief in das Herz der Pflanze eingesenkt wurde; dabei wurde sorgsam darauf Acht genommen, dass sie keines der Blätter berührte, sondern im Innern der Knospe frei schwebte. Auf diese Weise erhielt ich in dem Lothfaden eine

Linie, welche, wenn sie auch der Axenseele nicht genau entsprach, ihr doch nahe lag und nach welcher ich bequem visieren konnte.

Den zweiten Fixpunkt wählte ich, wie schon oben gesagt wurde, in der Mitte des Nervus medianus jedes Blattes, bez. benutzte ich dazu die Blattspitze selbst. Diese Punkte projicierte ich in doppelter Weise auf das Blatt Papier, welches das Untersuchungsobjekt trug: entweder nämlich lothete ich die Spitze des Blattes auf das Papier ab, wobei ich zugleich nach der Axenseele visierte, oder ich stellte einen dünnen Stahldraht so auf, dass er, der Mittelnerv und die Axenseele in eine Ebene fielen, und markierte die Punkte auf der Unterlage. Nachdem ich die Fixpunkte der Blätter auf das Papier verzeichnet hatte, entfernte ich das Untersuchungsobjekt und liess das Loth, welches in den inneren Blattcomplex versenkt war, auf das Papier herab, um den Axenfixpunkt zu markieren. Ich zog dann die Divergenzstrahlen aus und mass die Winkel mit Hülfe eines Transporteures. Ehe dies aber geschehen konnte, mussten die Punkte mit den richtigen Ziffern besetzt werden, eine Vornahme, die sich dadurch bewerkstelligen liess, dass ich den Spross wieder genau in die Stellung brachte, die er bei der Messung hatte, und nun Blatt für Blatt abtrug. Diese Bestimmung der Ziffern konnte verhältnissmässig leicht geschehen, weil alle Blätter mit scheidiger Basis den Stengel umfassen; bei sehr zahlreichen dicht gedrängten Blättern muss man übrigens, besonders wenn schon eine grössere Menge entfernt sind, mit grosser Sorgfalt die Stellung der Pflanze festhalten, weil sonst in die oft ziemlich dicht an einander gedrängten Punkte Unordnung gebracht wird.

Bei einzelnen Sprossen von *Pandanus*, *Cyperus papyrus* und *Crocus* habe ich auch die Blätter gerade abgeschnitten, so dass nur 5—7 cm lange Stummel übrig blieben, dann habe ich die Querschnitte der Blätter mit schwarzer Tusche bestrichen und auf Papier abgedrückt. An diesem Naturselbstdrucke bestimmte ich dann in dem Axenquerschnitte von fast kreisförmiger Gestalt den Mittelpunkt durch zwei sich schneidende Durchmesser oder ich durchstach die Axe senkrecht mit einer Nadel, die so weit durchgetrieben wurde, bis sie das Papier traf.

Alle die von mir in Anwendung gebrachten Methoden lassen an Genauigkeit durchaus noch zu wünschen übrig, indes sind die Divergenzwinkel, wie ich zeigen werde, von einer so ausserordentlich grossen Verschiedenheit, dass sie allein auf Rechnung der mangelhaften Beobachtung nicht gesetzt werden können. Da es mir aber nur darauf ankam, jene Inconstanz der Divergenzen nachzuweisen, so liess ich mir an diesen immerhin rohen Beobachtungen genügen.

Durch ein einfach construiertes Goniometer würde man übrigens

leicht im Stande sein, eine grössere Genauigkeit zu erlangen. An Stelle des Papierbogens muss ein sorgfältig getheilter Kreis dienen, in dessen Centrum eine Klemmschraube senkrecht aufgestellt ist, welche den zu untersuchenden Körper fasst. Ueber derselben wird das Loth angebracht, mit Hülfe dessen jener Pflanze die senkrechte Lage gegeben werden kann. Für die Beobachtung an Objekten mit gedehnter Axe, wie krautige Dicotylen oder Zweige empfiehlt es sich, an Stelle des Lothes eine zweite Klemmschraube anzubringen, welche genau senkrecht über der ersten steht. Beide Schrauben sind um ihre Axe drehbar, die untere besitzt ausserdem einen Zeiger, der über dem getheilten Kreise läuft. Am Rande des letzteren, zweckmässig an der Stelle, wo sich der 0 Punkt befindet, ist ein Stab genau senkrecht eingelassen, auf dem ein Diopter oder ein Fernrohr mit Fadenkreuz beweglich auf und ab geschoben werden kann. Wird nun der zu untersuchende Körper an dem Diopter vorbei gedreht, so kann ich mittelst des Zeigers die Divergenzwinkel direkt ablesen. Für die Untersuchung von flachen Blattrosetten, wie sie *Sempervivum* z. B. bietet, wird es sich empfehlen, dass die Stellung des getheilten Kreises in die verticale übergeführt werden kann, so dass sich der Zeiger in der Richtung des Uhrzeigers bewegt.

Ich war leider bisher nicht in der Lage, mir den Apparat mit derjenigen Exactheit bauen zu lassen, die ihm nur der Mechaniker geben kann, man wird aber bei späteren Messungen, besonders an Dicotylen, nicht umhin können, sich eines solchen oder ähnlichen Apparates zu bedienen.

Ich theile nun im folgenden die nur in Graden ausgedrückten Werthe mit, welche ich an *Pandanus Veitchii*, *Cyperus papyrus*, *Crocus aureus* und *Cr. vernus* beobachtet habe:

Pandanus Veitchii.

Nach Ablothungen und Visieren:	I.	II.	III.	IV.	Naturselbstabdruck: V.
f^1-f^2	121°	116°	127°	124°	121°
f^2-f^3	100°	152°	98°	143°	119°
f^3-f^4	134°	118°	127°	92°	130°
f^4-f^5	131°	118°	144°	125°	137°
f^5-f^6	111°	156°	98°	152°	100°
f^6-f^7	130°	133°	135°		141°
f^7-f^8	132°	132°			
f^8-f^9	106°				

Cyperus papyrus Blattschopf.

Nach Ablothungen und Visieren:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
f^1—f^2	147°	144°	115°	126°	109°	136°
f^2—f^3	114°	119°	157°	106°	132°	121°
f^3—f^4	120°	137°	115°	142°	146°	137°
f^4—f^5	150°	135°	117°	153°	106°	137°
f^5—f^6	131°	155°	153°	95°	156°	
f^6—f^7	105°	132°	136°			
f^7—f^8	142°	133°	134°			
f^8—f^9	118°	142°	137°			
f^9—f^{10}	122°	124°				
f^{10}—f^{11}	135°					

Crocus aureus.

Nach Ablothungen und Visieren:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
f^1—f^2	141°	140°	167°	129°	154°	153°	145°	122°	162°	164°
f^2—f^3	122°	156°	128°	146°	110°	109°	109°	138°	104°	115°
f^3—f^4	155°	113°	151°	130°	162°	156°	143°	136°	128°	139°
f^4—f^5	126°	135°	130°	135°	135°	139°	142°	120°	185°	170°
f^5—f^6	125°	155°	142°	138°	102°	113°	113°	142°	118°	97°
f^6—f^7	140°	134°	125°	128°	175°	143°	180°	107°	135°	132°
f^7—f^8	129°	130°	131°	145°	111°	120°	110°	154°	158°	

Crocus vernus.

Nach Ablothungen und Visieren:	I.	II.
f^1—f^2	106°	162°
f^2—f^3	151,°	119°
f^3—f^4	161°	161°
f^4—f^5	137°	162°

Zur Erläuterung der von mir mitgetheilten Maasse ist noch folgendes hinzuzufügen. In keiner der Reihen ist unter f^1 das erste Blatt eines Sprosses, sei es, dass er aus einem Samen hervorgegangen, sei es, dass er Lateralstrahl einer Axe niederen Grades ist, sondern ein Blatt aus dem Systeme überhaupt zu verstehen, mit dem ich zu zählen begann. Dabei ist aber immerhin ein Unterschied zu beachten. An den *Crocus*knollen habe ich doch ganz bestimmte Blätter in Betracht gezogen, so dass f^1 nicht ein beliebig gewähltes Anfangsblatt darstellt; in beiden Arten habe ich nämlich die Divergenzen sämmtlicher Laubblätter gemessen und f^1 ist das erste derselben, dem

freilich noch eine Reihe Schalenblätter vorausgehen, so dass es doch nicht Anspruch darauf, das erste überhaupt zu sein, machen kann. Nicht minder hat das f^1 in der Reihe des *Cyperus papyrus* eine genauere Bestimmtheit, es stellt nämlich das erste Blatt des Schopfes dar, welcher von dem langen Internodium gestützt wird; nur bei den Messungen von *Pandanus* ist f^1 nicht bestimmt, sondern in allen Fällen ein von den Primärblättern des Sprosses entfernt stehendes, also beliebiges Anfangsblatt.

Die ausserordentlichen Schwankungen in den Divergenzwerthen, welche sich bei *Pandanus* zwischen 92° und 152° an demselben Sprosse, bei *Cyperus papyrus* zwischen 109° und 156°, bei *Crocus vernus* zwischen 106° und 161°, bei *Crocus aureus* sogar zwischen 104° und 185° bewegen, geben ein beredtes Zeugniss dafür ab, dass die Vorstellung einer constanten Divergenz in Blättern dieser Pflanzen nur eine Illusion ist.

Verfolgt man aber die Gestaltveränderungen der Axe, welche z. B. ein Primord von *Cyperus papyrus* oder von *Pandanus Veitchii* durchmacht, ehe der Spross seine definitive Form mit dem charakteristischen Querschnitte gewinnt, so wäre es geradezu wunderbar zu nennen, wenn die Winkel constant werden würden. Ich habe schon früher darauf hingewiesen, dass nahezu alle Primordien im Laufe der Entwicklung eine mehr oder weniger erhebliche Umformung erfahren. Gewöhnlich sind sie in der ersten Anlage von der Form einer zum Tragblatte transversal gedehnten Ellipsoidkappe oder sie bieten das Aussehen flacher, von vorn nach hinten zusammengedrückter Scheibchen. Ich habe besonders die ersteren in ihrer weiteren Entwicklung verfolgt und gezeigt, dass bei ihrer Transformation in Kugelkappen oder in dreiseitige Polster gewöhnlich eine erhöhte Wachsthumsenergie auf der Vorderseite sich geltend macht. Zu einer Kugelkappe wird das Primord gemeinlich umgebildet bei den vielen vegetativen Sprossen der Dicotylen und den pentamer-actinomorphen Blüthen, während bei den trimeren Monocotylenblüthen ein dreiseitiges Polster erzeugt wird. In sehr seltenen Fällen, nämlich bei einzelnen Laubsprossen der Dicotylen und den Blüthen oder Blüthenständen von *Euphorbia*, wird die Transformation durch ein erhöhtes Wachsthum des axoskopen Primordtheiles bedingt.

In beiden Fällen muss eine Veränderung in der Divergenz der Primärblätter nothgedrungen die Folge sein: findet eine besondere Vergrösserung des Primords nach vorn zu statt, so werden die Primärblätter nach hinten zusammengeschoben. Diese Veränderung bewirkt bei Laubsprossen und den mit Vorblättern versehenen pentamer-actinomorphen Blüthen die axoskope Convergenz der Vorblätter oder

ersten Laubblätter, die auch gewöhnlich mit dem Namen der Prophylla belegt werden. In den trimeren Monocotylenblüthen wird hierdurch die ursprüngliche Divergenz von 180° gemindert, bis sie sich nach dem Auftreten eines phylloskopen vorderen Componenten des äusseren Perigoncyklus der Grenze von 120° nähert.

Umgekehrt bringt die erhöhte axoskope Wachsthumsenergie die phylloskope Convergenz der Vorblätter zu Stande, welche bei *Euphorbia* und jenen Laubsprossen so auffallend ist.

Diese Veränderung, welche im Gefolge der Transformation von Axen auftritt, soll uns nun im Folgenden noch etwas beschäftigen, weil aus ihrer Betrachtung ein Licht auf die Frage fallen wird, ob die Blattstellung in gewundenen Zeilen aus einer geradzeiligen Disposition entstehen kann.

Um die Untersuchung vorläufig möglichst zu vereinfachen, will ich annehmen, das Wachsthum eines axilen Gebildes vollziehe sich in der Weise, wie ein Metallstab an Umfang zunimmt, wenn er erwärmt wird. Ich weiss recht wohl, dass das Wachsthum durch Intussusception mit dieser Voraussetzung in einem gewissen Widerspruche steht, ich werde aber später die Correcturen, welche durch diese Art von Zunahme geboten sind, anzubringen versuchen.

Wenn die Grössenzunahme in der Weise sich vollzieht, dass alle Flächenelemente, die durch zwei Radien begrenzt werden, dieselbe Vergrösserung erfahren, so wird der Querschnitt der Axe, der zuerst in Taf. VI, Fig. 5, einen Kreis mit dem Radius OA darstellte, später einen zu jenem concentrischen Kreis bilden mit dem Radius OA^1. Die Punkte A und B werden dann dort zu suchen sein, wo die Radien OA und OB den äusseren Kreis in der Verlängerung schneiden, also in A^1 und B^1. Irgend eine Verschiebung der kleinsten Theilchen wird nicht stattfinden und die Divergenzwinkel zwischen den beiden Strahlen bleiben dieselben.

Nun kann ich aber auch annehmen, dass die Grössenzunahme in den aufeinander folgenden Sectoren ungleich ist, obgleich sie sich in jedem einzelnen genau so vollzieht, als ob er durch zugeführte Wärme ausgedehnt würde. Dann wird z. B. in Taf. VI, Fig. 6 der Sector AOB anwachsen zu A^1OB^1, der Sector BOC zu B^2OC^1, der Sector COD zu C^2OD^1. Gehe ich nun zur Grenze über und lasse die Sectoren unendlich klein werden, so kann unter Umständen aus jenem kreisförmigen Querschnitt eine Figur von beliebiger Gestalt werden. Immer aber werden die Punkte an seiner Peripherie auf dem Rande jener Figur dort zu finden sein, wo der Radius des Kreises durch den Punkt in der Verlängerung die Peripherie des neuen Querschnittsareales schneidet.

Ich will nun zunächst untersuchen, treten Divergenzveränderungen ein, wenn der Zuwachs der Axe dergestalt gewesen ist, dass das spätere Querschnittsareal eine Ellipse wird, und welcher Art sind diese Veränderungen? Unter dieser Voraussetzung wird alles von der Lage der Ellipse zu dem ursprünglichen Kreise abhängen. Ist die Gestaltveränderung so vor sich gegangen, dass der Mittelpunkt des Kreises zum Durchschnittspunkte von langer und kurzer Axe wird, so bleiben die Divergenzen zwischen zwei beliebigen Punkten constant; da nach der Annahme die Punkte A und B in der Richtung der Radien von dem Kreise nach der Ellipsenperipherie, Fig. 7, verlegt werden, so ist $AOB = A^1OB^1$. Die Richtung der langen Axen kann dabei jede beliebige sein. Ist das Wachsthum der Axe halb asymmetrisch, so dass der Kreismittelpunkt von dem Durchschnittspunkte der langen und kurzen Axe in der Ellipse abgerückt ist, so wird bezüglich des ursprünglichen in dem Querschnitte gelegenen Fixpunktes in den Divergenzen wiederum keine Veränderung erzeugt; wegen der geradlinigen Uebertragung von A nach A^1 und von B nach B^1 in der Ellipsenperipherie bleibt in Fig. 8 der Winkel $A^1OB^1 = AOB$, und nehme ich noch einen dritten Punkt hinzu, so bleibt $BOC = B^1OC^1$; ich habe dabei den Punkt so gelegt, dass der Winkel $BOC = AOB$.

Diese Relation gilt natürlich nur so lange, als der Fixpunkt beibehalten wird, der als Ausgangspunkt der Divergenzstrahlen diente, von dem aus also die Richtungsunterschiede bestimmt wurden. Unter diesen Umständen kann von einer Verschiebung der Punkte nicht die Rede sein, sobald wir unter diesem Ausdrucke die Aenderung der Divergenzen verstehen.

Sind wir nun durch irgend einen Charakter im Stande, diesen ursprünglichen Fixpunkt seiner Lage nach in dem durch das Wachsthum transformierten Querschnittsareale zu bestimmen? Unmittelbar gewiss nicht. Wird aber der Fixpunkt verlegt, werden also die Divergenzen z. B. von dem Schnittpunkte der langen und kurzen Axe an der Ellipse, von M aus gemessen, so müssen sich nicht blos für die Divergenzen andere Winkelmaasse ergeben, sondern die Winkel müssen ganz allgemein genommen ungleich gross werden, falls sie vorher einander gleich waren, mit anderen Worten, die Divergenzen werden inconstant.

Setze ich z. B. den Fall, der mit dem Radius OA in Fig. 8 geschlagene Kreis habe auf seiner Peripherie fünf Punkte verzeichnet, welche in einem Abstande von je 144° von einander entfernt, die also in zwei Umläufen auf der Peripherie vertheilt sind, so werden diese Punkte dann, wenn die Fläche zu der Ellipse mit dem Mittel-

punkte M umgewandelt ist, wieder gleiche Divergenzen zeigen, sobald ihr Richtungsunterschied von O aus gemessen wird; sie werden aber mehr oder weniger in ihrer Divergenz von einander abweichen, sobald sie von M aus gemessen werden.

An der ganzen Sachlage wird keine Veränderung hervorgebracht, wenn das definitive Querschnittsareal eine andere Gestalt hat, wenn z. B. der Zuwachs so geschieht, dass der Kreis mit der langen Axe der Ellipse in keiner Beziehung steht, oder wenn der Querschnitt dreiseitig oder polygon wird, oder wenn er ganz unregelmässig begrenzt oder gelappt ist. Sind die Divergenzen zwischen einer Anzahl randlicher Punkte in dem ursprünglichen Körper einmal constant gewesen, so muss innerhalb des definitiven Querschnittsareales ein Punkt vorhanden sein, von dem aus die Divergenzstrahlen nach jenen gleiche Winkel einschliessen. Aber nur ein einziger solcher Punkt existiert, auf jeden andern Punkt bezogen sind die Divergenzen ungleich.

Wie wird sich nun der die Messungen an einer solchen Axe ausführende Botaniker verhalten? Wird er die Divergenzen von dem ursprünglichen Fixpunkte aus zu ermitteln versuchen oder wird er voraussichtlich einen anderen Fixpunkt wählen? Zweifelsohne wird das Letztere eintreten, die Resultate werden also wahrscheinlich in allen den Fällen eine Inconstanz der Blattstellungsdivergenzen ergeben, wenn eine Transformation der Axe statt hatte. Die Constanz braucht aber deshalb nicht als niemals vorhanden gewesen vorausgesetzt werden: es wird vielmehr erst durch die von mir oben mitgetheilte geometrische Construction zu prüfen sein, ob in dem gewonnenen System von Punkten nicht ein Ort existiert, von dem aus die Divergenzstrahlen gleiche Winkel einschliessen. Erst dann, wenn, wie ich oben für die Knospe von *Cyperus papyrus* nachgewiesen habe, ein solcher Ort nicht gefunden wird, muss die Annahme einer Constanz in den Divergenzen überhaupt zurückgewiesen werden.

Was die Orthostichen anbetrifft, die in einem vor der Transformation im Querschnitte kreisförmigen Axenorgane vorhanden waren, so werden diese in ihrem Verlaufe nicht gestört, sobald der Zuwachs auf der ganzen Ausdehnung in den übereinander liegenden Querschnittselementen gleichsinnig sich vollzieht, wenn also die successiven Querschnittsareale congruent oder auch nur ähnlich sind. Die Winkel allerdings, welche die in den Orthostichen senkrecht auf dem Cylinder- oder Kegelmantel der Axe errichteten Ebenen machen, erfahren die gleichen Veränderungen, welche die Divergenzen selbst erleiden, falls der zweite Fixpunkt verlegt wird. Auf diese Abweichungen muss auch dann geachtet werden, wenn der Axenquerschnitt einen Kreis giebt, denn eine solche Form kann, wie jedermann einleuchten wird,

ebenfalls eine Veränderung in den Divergenzen hervorbringen, wenn nämlich der ursprüngliche Kreis zu dem secundären excentrisch liegt. Gerade auf diesen Umstand machte ich schon oben aufmerksam, als ich darauf hinwies, dass durch die gegenwärtige Bestimmung der Blattstellung mit Hülfe der Superposition eines Blattes über f^0 kein anderes Resultat herauskommt, als die Festsetzung von einer bestimmten Zahl von Geradzeilen, dass aber durch die Methode über die Divergenzen der dazwischen stehenden Blätter keine Erfahrung erwächst.

Ohne Belang für meine Untersuchung ist es, ob ich von einem kreisförmigen Querschnittselemente ausgehe, oder ob ich einen im Querschnitte elliptischen Körper zur Grundlage wähle. Da ich an den letzteren gewisse von mir bereits erwähnte Beobachtungen gemacht habe, so wäre die Bevorzugung der Ellipse vielleicht angebracht gewesen.

Ich komme nun zu der Frage, können wir bei diesen Gestaltveränderungen, die nothgedrungen an einem Pflanzenkörper eine Verlegung der Blätter gegen einander mit sich bringen müssen, von einer Verschiebung sprechen? Im strengen Sinne des Wortes kann dies gewiss nicht geschehen. Halten wir an der Forderung fest, dass die Divergenzen durch die feste Lage zweier Punkte bestimmt werden, so werden trotz der Lagenveränderungen der Punkte auf der Peripherie der Axe doch keine Verschiebungen derart eingetreten sein, dass die früheren Divergenzen gestört sind; nur wenn die Verlegung des inneren Fixpunktes zugelassen wird, ist eine wirkliche Verschiebung eingetreten.

Niemals können aber jene Verschiebungen, von welchen die formale Morphologie so oft Gebrauch macht, wenn sie die missliebige Stellung eines Organes in eine theoretisch reine transformieren will, auf dem Wege des von mir angenommenen Wachsthumsmodus durch gleichmässige Incremente zu Stande kommen. Wegen der radial geradlinig sich fortbewegenden Punkte können radial gestellte Organe niemals eine tangentiale Deviation erfahren oder juxtapponierte Organe in eine radiale Stellung gebracht werden.

Ziehe ich nun aus diesen Erfahrungen eine Nutzanwendung auf die *Pandanus*blattstellung, so ist kein Zweifel, dass sich in den frühesten Stadien der Sprossentwicklung Transformationen derart, wie ich sie theoretisch untersucht habe, vollziehen. Das Primord eines Achselsprosses von *Pandanus Veitchii* ist zuerst ein flaches, dünnes Scheibchen, das durch die Form einer Ellipsoidkappe hindurch läuft, um schliesslich einen Axenkörper zu erzeugen, der sich im Querschnitte einem Kreise nähert. Diese Transformation wird aber vollendet, nachdem etwa das sechste oder siebente Blatt erschienen ist; bei einer

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

unter normalen Verhältnissen fortgesetzten Blattfolge haben mir Querschnitte unterhalb des Vegetationskegels keine nennenswerthen Abweichungen von der Form gezeigt, welche die tiefer gelegenen Querschnittsareale aufwiesen. Ein Grund zu der Annahme, dass nach der Anlage des sechsten oder siebenten Blattes an einem Seitenstrahle der erwähnten Pflanzen bemerkbare Transformationen der Axe sich vollziehen, liegt nicht vor. Die vorausgesetzte Verschiebung der Blätter in schraubig gewundene Zeilen aus einer geradzeiligen Disposition kann auf diesem Wege also nicht vor sich gehen.

Man hat sich bei der Prüfung der Axenquerschnitte vor einem Irrthume zu hüten. Schneidet man nämlich den Spross oberhalb des Vegetationskegels durch, so bietet das Centrum des Querschnitts allerdings die Gestalt eines Dreiseites. In diesem Falle hat man aber in der Mitte nicht die Axe durchschnitten, sondern das Aggregat der rinnig zusammengefalteten Blätter. Ich habe geflissentlich darauf aufmerksam gemacht, dass nur die Blätter erzeugenden Axen im Querschnitte kreisförmig sind. Wenn der Vegetationskegel über den Blattschopf gehoben wird, wenn sich also ein Blüthenstand bildet, so entsteht eine Axe von der Gestalt eines dreiseitigen Prismas. Für *Pandanus* konnte ich diese Thatsache nur an getrocknetem Materiale nachweisen; ein blühendes Exemplar von *Freycinetia insignis*, die sich sonst in der Blattregion ganz wie *Pandanus* verhält, zeigte mir die gleichen Verhältnisse an der lebenden Pflanze. Da ich die Entwicklung nicht verfolgen konnte, so muss ich die Frage unentschieden lassen, ob diese dreiseitige Gestalt der Axe dadurch zu Stande kommt, dass die Axe spontan jene Transformation einleitet, oder ob sie, was mir wahrscheinlicher ist, deswegen dreiseitig wird, weil der dreiseitige Hohlraum, den die Blätter in der Knospenlage umschliessen, als Leit- und Bestimmungsraum fungiert, dem sich die Gestalt der Axe anpasst.

Die Frage ist nicht ohne Wichtigkeit, da wir bei unseren *Cyperaceen* eine ganz analoge Erfahrung machen. Auch bei ihnen ist die Axe dann, wenn sie die Blattaggregate durchwächst, häufig dreiseitig, ja diese Form des Halmes macht sogar einen gewöhnlich besonders hervorgehobenen Charakter jener Familie aus. Unterhalb des Halmes hat die Axe stets einen mehr oder weniger an das Kreisförmige herangehenden Querschnitt. Es giebt aber bekanntlich auch *Cyperaceen* mit cylindrischen Halmen, wie z. B. *Scirpus lacustris* L. und Verwandte, ferner *S. holoschoenus* L. etc. Beide Pflanzen haben aber keine Blätter mit entwickelter Blattspreite in der Region, welche von Bedeutung für die Gestaltbildung der Axe werden könnte; es fehlt demnach jener dreiseitige Hohlraum, der als Bestimmungsraum funktionieren kann, und endlich habe ich mich überzeugt, dass bei *S. Taber-*

naemontanus Gm. die Blüthenstandsaxe ausser Contakt mit dem Blattaggregate über dasselbe gehoben ist, wenn die Inflorescenz angelegt wird. Der Querschnitt der Axe nähert sich in diesem Zustande der Kreisform, ein Contakt mit in der Mitte gefalteten Blättern findet nicht statt und gerade diese Thatsache brachte mich auf den Gedanken, dass der Bestimmungsraum der Blattknospe ursächlich mit der dreikantigen Form vieler *Cyperaceen*halme in Verbindung stehen könnte. Ich halte es für wünschenswerth, dass diese Beziehung fernerhin im Auge behalten werde und dass weitere Untersuchungen die Angelegenheit klar stellen.

Bei meinen Untersuchungen über die Beeinflussung der Blattanordnung durch die Transformation der Axenformen, hervorgebracht durch innere Wachsthumsprocesse, ging ich von der Vorstellung aus, dass die Volumzunahme in der Weise geschieht, wie ein Körper durch die Wärme ausgedehnt wird. In Wirklichkeit vollzieht sie sich aber durch Intussusception und durch sie wird jene Besonderheit der organischen Structur erzeugt, die in allen Körpern, seien sie homogen oder von cellularer Zusammensetzung, die Schichtung und Reihenbildung hervorbringt. Die Verschiebung kleinster Theilchen, welche durch diesen Wachsthumsvorgang zu Wege gebracht wird, hat Schwendener* für die Fälle, welche dem Botaniker von grösserem Interesse sind, in mustergiltiger Weise untersucht. Er hat gezeigt, dass diese Verschiebungen in den Bahnen trajektorischer Curven vor sich gehen. Ich beabsichtige nicht, die Formen dieser Curven nach seinen Untersuchungen aufzuzählen, sondern verweise auf die Originalabhandlungen, aus denen man sie leicht für den Gebrauch auffinden kann, wenn die von mir oben mitgetheilten Transformationen eines kreisförmigen Querschnittes in Ellipsen verschiedener Lagerung einen solchen erheischen. Ich kann um so schneller über diese Angelegenheit hinweggehen, als die trajektorischen Curven in dem bei *Pandanus* vorliegenden Falle, wo nämlich die Wachsthumsprocesse stets wieder einen dem Kreise sich nähernden Axenquerschnitt bedingen, mit den Radien zusammenfallen. Unter diesen Umständen kann also die Blattstellung in gewundenen Zeilen bei der Wachsthumszunahme mittelst Intussusception aus der geradzeiligen auch nicht entstanden sein.

Eine dritte und letzte Möglichkeit der Verschiebung von Blättern ist ebenfalls von Schwendener** gründlich untersucht und kritisch geprüft worden. Wenn eine mit Blattprimordien beladene Axe in die

* Schwendener in Monatsberichten der Berliner Akademie 1880, pag. 408.

** Schwendener in Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel 1875, pag. 219.

Dicke wächst, so werden die Verschiebungen, welche unter jenen eintreten, nothwendig dieselben sein, wie sie ein in der Axe parallel gerichteter Druck von der Intensität bewirken würde, welcher der Wachsthumsenergie entspricht. Diese Verschiebung kann aber nur dann eintreten, wenn die Primordien in lückenlosem Contakte mit den oberen und unteren Primordien stehen. Diese Bedingung ist aber bei *Pandanus* und allen Blättern mit scheidig umfassender Basis nicht erfüllt. Hier umfasst vielmehr das kappenförmig gewölbte Blatt alle inneren Phyllome, durch die frühe Abrückung an der Rückenseite, welche Platz schafft für die Entstehung eines Lateralstrahles, ist der Contakt aufgehoben. Demgemäss kann auch aus diesem Momente eine Verschiebung der Blätter in dem Sinne, wie sie sich SACHS vorgestellt hat, nicht eintreten.

Endergebniss.

Von HOFMEISTER wurde in die Morphologie der Pflanzen eine Neuerung insofern eingeführt, als er zuerst versuchte, die Art und Weise, wie die Anreihung der Organe sich vollzieht, ursächlich zu begründen; das Irrthümliche in den Grundanschauungen der Spiraltheorie wurde hierdurch in der überzeugendsten Weise nachgewiesen. Durch seinen Satz, dass die Neubildungen immer in die grösste Lücke treten, welche die bereits bestehenden Organe zwischen sich lassen, wurde für die Morphologie eine völlig veränderte Basis geschaffen. Wenngleich manche seiner weiteren Ausführungen als unrichtig nachgewiesen worden sind, und seine Darstellung an einzelnen Punkten dunkel und unverständlich ist, so wird ihm immer das Verdienst zugeschrieben werden müssen, dass er der Begründer einer neuen Richtung in einem wichtigen Zweige unserer Wissenschaft gewesen ist.

SCHWENDENER war es erst vorbehalten, die HOFMEISTER'schen Thesen zu vertiefen, in vielen Fällen zu verbessern und sie mathematisch bis in die letzten Einzelheiten zu verfolgen. Wenn die Resultate dieser Untersuchungen in der Systematik und in der mit jener eng verbundenen Morphologie nicht die Berücksichtigung gefunden haben und auch heute noch nicht finden, die ihnen zukommt, so liegt dies darin, dass man sie übergangen hat, ohne dass auch nur der bescheidenste Versuch gemacht worden ist, sie zu widerlegen.

Schon in meinen Untersuchungen über den Blüthenanschluss habe ich mich ganz auf den Boden der von den beiden erwähnten Forschern entwickelten Anschauung gestellt. Wenn ich nun in dieser Abhandlung einige Resultate gewonnen habe, die mit den von ihnen erlangten in gewissen Punkten nicht völlig übereinstimmen, so werden dieselben nur in dem inneren Ausbau einige Abänderungen erzeugen,

dem Gesammtinhalte der Lehre wird aber kein Abbruch gethan, sie hat meines Erachtens im Gegentheil nur eine weitere Bestätigung und Begründung erfahren.

Meine Untersuchung hat sich mit drei Punkten befasst: 1) hat sie gewisse Theile der mathematischen Beziehungen zwischen den Divergenzbrüchen behandelt; 2) ist sie auf die Anlagebedingungen der Blätter eingegangen, welche in gewundenen Zeilen stehen; 3) hat sie die Frage über die Verschiebungen bei gewissen Blattstellungen zu beantworten versucht.

Wenn auch aus meinen Beobachtungen die Wahrscheinlichkeit erwächst, dass die Blätter jene Constanz in den Divergenzen nicht besitzen, die man bisher anzunehmen geneigt war, so wird doch die Abzählung der Parastichen für die Bestimmung von Annäherungswerthen in den Divergenzen immer von Belang bleiben. Ich habe nun für gewisse Stellungsverhältnisse nachgewiesen, dass die Al. Braun'sche Methode zur Festsetzung der Divergenzen falsche Resultate giebt, und habe ein Verfahren mitgetheilt, durch das man jederzeit im Stande ist, aus den höchsten Parastichen den Divergenzbruch zu ermitteln.

Schwendener hat in seiner mechanischen Blattstellungstheorie die Behauptung Hofmeister's, dass das vorwiegende Breitenwachsthum des Blattgrundes im ersten Stadium der Jugend für die resultierende Stellung entscheidend sei, in Zweifel gezogen. Aus meinen Untersuchungen geht hervor, dass dieser Zweifel für gewisse Fälle nicht berechtigt ist. Das von ihm stets vorausgesetzte Primordmosaik ist am Vegetationskegel nicht immer vorhanden; es kommt vielmehr vor, dass nur ein einziges Blatt als Contaktkörper fungiert: dann nämlich, wenn durch eine scheidige Umgreifung des Vegetationskegels sämmtliche aussen stehenden Blätter aus dem Contakte eliminiert werden. Die beiden Scheidenränder lassen dann eine Lücke zwischen sich, welche durch die Neubildung besetzt wird. Auf diese Thatsache hat schon Hofmeister hingewiesen, nur hat er in die Anlagebedingungen einen Faktor eingeführt, der nicht herein gehört, nämlich die Schnelligkeit, mit welcher die Scheidenränder wachsen. Die Zeit an und für sich kann nicht in Betracht kommen, da die Anlage der Neubildungen und die Entwicklung des Scheidengrundes zeitlich concordant sind. Wird die Anlage von Neubildungen retardiert, so nimmt auch die Geschwindigkeit ab, mit welcher der Ringwall aus dem Vegetationskegel hervortritt, der später zur Scheide wird, und umgekehrt.

Bestimmend für die Divergenzen der Blätter wird die symmetrische und asymmetrische Beschaffenheit der Scheidenflanken. Hier

treten folgende Fälle ein: Ist die Scheide vollkommen symmetrisch, d. h. sind von der dicksten Stelle des Blattes (wo später der Mittelnerv liegt, der zur Bestimmung der Divergenz gebraucht wird) die Abmessungen bis zu den Flankenrändern gleich, so entstehen stets distiche Systeme. Sind in den aufeinander folgenden Scheiden die Flanken gleichsinnig asymmetrisch, d. h. liegt die grössere Flanke immer rechts oder immer links, so werden spirale Systeme erzeugt. Der Winkel der Divergenz ist abhängig von dem Maasse der Asymmetrie, so zwar, dass der Zähler des Bruches durch den kleineren Scheidentheil, der Nenner durch die Summe des kleineren und grösseren ausgedrückt wird, wenn beide durch ein gemeinsames Maass gemessen werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Scheidenränder sich berühren, also weder von einander abstehen, noch sich gegenseitig übergreifen. Der Scheidenquotient ist selbst bei derselben Pflanze nicht constant, daher können auch die Divergenzen nicht gleich bleiben, doch schwanken dieselben offenbar nicht in allzu weiten Amplituden. Die Stellungen, welche durch Divergenzen unter $\frac{1}{3}$ ausgedrückt werden, entstehen auf dieselbe Weise wie diejenigen mit Divergenzen, welche zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ liegen. Die Hofmeister'sche Erklärung, dass jene durch die schnelle Aufeinanderfolge von Primordien bedingt werden, ist nicht mit der Natur übereinstimmend.

Ist die Asymmetrie der Scheidenränder so, dass der grössere Flügel abwechselnd rechts und links fällt, so entstehen dorsiventral zweizeilige Blattanreihungen. Alle diese Verhältnisse finden sich bei den Monocotylen ebenso ausgeprägt, wie bei den Dicotylen, wenn auch der eine oder andere specielle Fall, der bei jenen vorkommt, an diesen sich nicht findet oder noch nicht beobachtet worden ist.

Die morphologische Natur der den Vegetationskegel umfassenden Blattflanken kann für die Anlagebedingungen der Neubildungen von keiner Bedeutung sein, deshalb ist es gleichgültig, ob dieselben später zu einer wirklichen Scheide zusammenschliessen oder eine Ochrea oder Nebenblätter bilden, der Erfolg ist, wie die *Polygonaceen*, gewisse *Papilionaceen* und die *Vitaceen* u. s. w. zeigen, der nämliche. Tritt an dem Orte aber, wo eine Neubildung zu erwarten ist, ein Hemmungskörper auf, so stellt sich das jüngste Phyllom zwischen ihn und die eine Scheidenflanke. Der Erfolg ist, dass, wie *Amicia zygomeris* gezeigt hat, ganz unregelmässige Blattdispositionen gebildet werden.

Bei *Pandanus* wirken zu dem Contakte zwei Blätter mit, von denen das eine in seiner ganzen Grösse, das zweite nur zur Hälfte den Vegetationskegel umfassen. Beide zusammen bringen dieselbe

Wirkung hervor, welche die bisher betrachteten Blätter allein erzeugten. Durch den Contakt von anderthalb Blättern wird wieder eine Lücke gebildet, welche von der jüngsten Anlage besetzt wird. Der Erfolg der äusseren Einwirkung ist der, dass die Blätter von *Pandanus* in drei gewundenen Zeilen stehen. Dieses Verhältniss stellt gewissermaassen das Bindeglied zu den Anreihungen dar, bei welchen der Ort der Neubildungen durch zwei freie Contaktkörper bedingt wird. Dass in denselben nicht immer die Blattprimordien allein, sondern auch die sehr früh erscheinenden Achselsprosse zur Mitwirkung gelangen, haben die Inflorescenzen von *Canna*, *Musa*, *Hedychium* und die Sprosse der kletternden *Cucurbitaceen* gezeigt. Ich habe die Vermuthung ausgesprochen, dass diese immerhin eigenartigen Dispositionen in drei resp. zwei gewundenen Zeilen mit der erwähnten Besonderheit in Verbindung stehen dürften.

Bezüglich der Untersuchung über die Verschiebungen bin ich zu folgenden Ergebnissen gekommen. Die für *Pandanus* behauptete Torsion der Axe unterhalb der jüngsten Blattanlagen ist nicht vorhanden, die Blätter werden von Anfang an in den Ausweichungen aufgestellt, die sie später haben, eine erste Anreihung derselben in drei Geradzeilen lässt sich nicht nachweisen. Verschiebungen der Blätter in horizontaler Richtung können stattfinden, sie gehen aber stets Hand in Hand mit Transformationen in der Gestalt der Axe. Für die Divergenzbestimmungen ist es nöthig, zwei fixe Punkte zu wählen, einen im Blatt und einen in der Axe; von dem letzteren aus sind die Divergenzstrahlen nach den Fixpunkten in den Blättern zu ziehen. Auch bei Transformationen der Axen liegt die Verschiebung der Blätter nur darin, dass der zweite Fixpunkt verlegt wird. Wenn es gelänge, denjenigen aufzufinden, welcher vor der Transformation zur Bestimmung der Divergenzen benutzt wurde, so würde von ihm aus gemessen der Richtungsunterschied der Blätter gleich geblieben sein.

Die Beobachtung, dass die Divergenzbrüche an den entwickelten Sprossen von den Grenzwerthen abweichen und durch kleinere Zahlen im Zähler und Nenner ausgedrückt werden, lässt sich auf das optische Unvermögen zurückführen, mit dem Auge kleine Winkel genau abzuschätzen. Die Stellungsverhältnisse in complicierteren Zahlen, welche den Grenzwerthen, nach denen die Primordien angelegt werden, näher kommen, finden sich nur bei sehr gestauchten Sprossen. Je mehr die Internodien sich dehnen, desto steiler erheben sich die Parastichen und desto näher treten Blätter mit niederen Zahlen an die Orthostiche heran, die durch f^0 geht, so dass sie schliesslich von dem Auge als in dieselbe fallend betrachtet werden. Ob jene wirkliche,

reelle Verschiebung der Blätter, wie SCHWENDENER gemeint hat, stattfindet, ist nur nach einem grossen Materiale von genauen Winkelmessungen an Vegetationskegeln und an entwickelten Sprossen zu entscheiden. Für die Erklärung über das Zustandekommen der $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$ u. s. w. Stellung ist aber, wie ich gezeigt zu haben glaube, die Annahme einer Verschiebung nicht unbedingt nöthig. Es ist mithin die Aufgabe, welche den Forschern über die Blattstellungen für die Zukunft gestellt werden muss, einen Zahlenapparat herbei zu schaffen, aus dem erst eine Sicherheit erwachsen kann, bis zu welchem Maasse die gegenwärtig vielleicht zu vertrauensvoll vorausgesetzte Constanz in den Divergenzen überhaupt vorliegt.

II. Morphologie und Entwicklungsgeschichte einzelner Pflanzengruppen.

A. Die Gattung Adoxa.

Wenn man im Frühjahr dieses zierliche Pflänzchen im blühenden Zustande aus der Erde hebt, so besteht jeder Stock aus einem Aggregate von ein, zwei, sehr selten drei laubigen Blättern, von denen das eine im letzten Falle stets nur kümmerlich entwickelt ist, und ein, zwei, sehr selten drei Inflorescenzen, die am Grunde von einem weissen, etwas fleischigen, saftigen, sehr stärkereichen Rhizome verbunden werden. Die Grundaxe hat eine sehr eigenartige, leicht wieder zu erkennende Form: sie ist (Taf. III, Fig. 1) von den Seiten her etwas zusammengedrückt und spitzt sich nach dem Grunde hin schnell zu, sie ist mit mehreren, drei bis sechs ebenfalls fleischigen Niederblättern, die in der Mitte eine seichte Längsfurche tragen, besetzt. Die Beziehung der Blüthenstände zu den Blättern zeigt einige Veränderlichkeit. Sind zwei der ersteren vorhanden, so tritt der eine fast ausnahmslos aus der Achsel des obersten Schuppenblattes, das stets durch ein kleines nach unten gebogenes Endzipfelchen einen Uebergang von den Niederblättern zu den Hochblättern darstellt. In seltenen Fällen ist dasselbe auch weiter ausgewachsen,

es ergrünt, und wenn es auch immer kleiner bleibt, als die normalen Laubblätter desselben Sprosses, so schliesst es sich ihnen doch der ganzen Ausbildung nach völlig an. Die zweite Inflorescenz steht ausnahmslos in der Achsel eines Laubblattes, und wenn die dritte entwickelt ist, ein, wie es scheint, recht seltenes Vorkommen, so befindet sich diese ebenfalls in der Achsel eines Laubblattes und zwar des obersten und letzten des Stocks. Ist nur ein Blüthenstand in dem Sprosse vorhanden, so scheint er gewöhnlich aus dem obersten Schuppenblatte zu entspringen, ich fand ihn aber zuweilen auch in der Achsel des, dann wohl immer in der Einzahl anwesenden Laubblattes; dass dieses eben erwähnte Verhältniss aber die Regel sei, wie Al. Braun* will, habe ich nicht bestätigen können.

Was die Stellung der bisher erwähnten Blätter anbetrifft, seien sie Nieder-, seien sie Laubblätter, so stehen sie in einer regelmässigen Distichie; neben ihnen finden sich nun noch an der Inflorescenz zwei Blätter, von denen ich kurz bemerken will, dass sie gewöhnlich in völlig gleicher Höhe inseriert sind und sich mit den letzten Stengelblättern, die alternierend orientiert sind, rechtwinklig kreuzen.

Die Blüthen der *Adoxa moschatellina*, der einzigen Art, welche in das Geschlecht zählt, nehmen aus dem Grunde ein erhöhtes Interesse in Anspruch, weil sie zu den wenigen gehören, die durchaus verschieden gebaut sind, je nachdem sie den Gipfel des Blüthenstandes einnehmen oder eine seitliche Stellung besitzen; jene sind in den meisten Fällen tetramer, diese, den Kelch ausgenommen, pentamer; jene sind actinomorph, diese bei nur einigermaassen sorgfältiger Beobachtung selbst in entwickeltem Zustande, zufolge der constanten Blumenkronendeckung und der ungleichen Grössenverhältnisse der Organe kenntlich zygomorph. Neben den viergliedrigen sind auch fünfgliedrige Gipfelblüthen, wenn auch selten, vorhanden. Man hat nach formal-theoretischer Betrachtungsweise nicht unternommen, jene beiden Blüthenschemata auf ein einheitliches zurückzuführen, im Gegentheil hat Eichler ausdrücklich eine solche Vornahme abgelehnt**. Stillschweigend hat man also zugegeben, dass hier zwei verschiedene Baupläne vorliegen, wenn auch diese Vorstellung dem ganzen Anschauungskreise der formalen Morphologen durchaus zuwider sein muss. Für mich war schon die Thatsache, dass sich die genetische Spirale in den Seitenblüthen, wie die Untersuchungen von Payer bewiesen, nur äusserst künstlich und mit weitgehender Vergewaltigung der Thatsachen, beziehungsweise umfangreichen Correkturen construieren liess,

* Al. Braun in Abhandl. der Berliner Akademie vom Jahre 1852. pag. 112.
** Eichler, Blüthendiagramme I. 273.

genügend, um die Prüfung der Ontogenese nochmals zu verfolgen. Besonders wünschenswerth aber erschien mir, die Frage zu untersuchen, ob die eigenthümlichen Blüthenvarianten auf ursächliche Bedingungen zurückgeführt werden könnten. Ich gehe nun sogleich zur Schilderung der Entwicklungsgeschichte über. Die Zeit, welche ich am besten zur Untersuchung gefunden habe, liegt zwischen dem 1. und 20. August; ich habe zwar um den Endtermin die Anlage der Carpiden noch nicht wahrnehmen können, da aber die Stellung derselben und somit der Anschluss an die vorhergehenden Cyklen regelmässig ist, so kann ich vorläufig den innersten Kreis mit Stillschweigen übergehen.

Wenn man um die genannte Zeit den Boden aufgräbt, der mit den noch grünen Laubblättern und den fruchtenden Blüthenstengeln reichlich bedeckt ist, so sieht man, dass er von einer unendlichen Zahl weisser, fadenförmiger Rhizome durchsetzt ist, die in weiteren Abständen kleine Schuppenblätter tragen, dann sich aber keulenförmig verdicken und mit dichter gestellten, grösseren Organen der gleichen Natur bekleidet sind (Taf. III, Fig. 1). Diese Rhizome sind im Laufe des Sommers aus den Axen hervorgegangen, die im Frühjahr blühten. Zunächst hat sich der Gipfel dieses Sprosses gedehnt und hat eine solche Grundaxe hervorgebracht, deren Blätter eine mit dem Laubblattpaare gleichsinnige Distichie einhalten. Das Austreiben dieses Rhizoms geschieht nicht selten schon während der Blüthezeit, es ist deshalb oftmals an den getrockneten Exemplaren der Herbarien vorhanden. Ausserdem hat aber jedes der Schuppenblätter an der Grundaxe des blühenden Sprosses in seiner Achsel eine Knospe, deren Primärblätter transversal zum Deckblatte gestellt sind; neben ihr bricht eine Wurzel hervor. Bald nach der Blüthezeit entwickeln sich diese Knospen und erzeugen jenes reichliche Geflecht weisser Fäden, das den Boden durchzieht.

Wenn sich die Knospe noch in der Achsel der Schuppenblätter befindet, kann man schon die Neigung dazu bemerken, dass sich der Gipfel keulenförmig verdickt. Der Vegetationskegel ist dann sehr klein und im Querschnitte kreisförmig. In den ersten Anlagen jedoch hat er eine etwas in der Transversale zum Deckblatte gedehnte ellipsoidische Form, der entsprechend die beiden Primärblätter, in den Enden der langen Axe entstehend, transversale Stellung haben. Die Blattbasen verbreitern sich aber erheblich, die eine umfasst die andere und daher kommt es, dass das dritte Blatt dort entsteht, wo zwischen den Scheidenrändern eine Lücke bleibt. Auch dessen Blattbasis umklaftert den nun einer Kugelkalotte gleichenden Vegetationskegel und giebt auf diese Weise die gleichen Anlagebedingungen für das vierte

Schuppenblatt. In derselben Art gliedern sich dann unter immer denselben Verhältnissen die folgenden Schuppenblätter aus und endlich auch die beiden Laubblätter. Aus dieser Thatsache geht hervor, dass die Distichie der Blätter ursächlich begründet ist, die Ursache liegt, wie bei den Blättern der *Gramineen*, *Iridaceen* etc. in der scheidig umfassenden Blattbasis und der spiegelbildlich gleichen Form der Scheidenlappen.

Trotzdem, dass *Adoxa moschatellina* einer der zeitigsten Frühlingsblüher ist, wird man doch vergeblich bis in den Juli hinein eine Andeutung dafür finden, dass zur Anlage der Blüthen geschritten werden soll. Um diese Zeit aber bildet sich in der Achsel eines Schuppenblattes, welches durch ein kleines wellenförmig gegliedertes, nach innen und unten gebogenes Endläppchen verräth, dass es gegen die spitz auslaufenden vorhergehenden Genossen von anderer Natur ist, ein etwas grösseres Achselprimord (Taf. III, Fig. 2 *ifl*) aus. An ihm entstehen wiederum zwei transversal gestellte Blätter (Fig. 3, seitlich von *ifl*), die sich aber stärker wölben und den fortwachsenden Vegetationskegel umschliessen. Dieser steigt allmählich kegelförmig empor und bringt nun im Contakte mit den beiden Primärblättern zwei relativ grosse, plumpe scheibenförmige, kreisförmig umrissene Primordien hervor (Fig. 4 *P*).

Gewöhnlich bleibt der Querschnitt des oberen etwas über jene Anlagen erhobenen Theiles des Inflorescenzprimords von elliptischer Form und dementsprechend stellen sich zwei Blätter, die an dem Scheitel auftreten, superponiert über die ersten beiden Scheiben (Fig. 5 und 6 *S* über *P*). In selteneren Fällen tritt aber jene Erhebung nicht auf und die beiden ersten Blätter *S* stellen sich im Contakte mit den beiden Scheiben zu jenen in Decussation (Fig. 7 *S*). Diese beiden Organe will ich als das erste Kelchblattpaar bezeichnen, ohne mich vorläufig in die Discussion einzulassen, ob sie als wirkliche Sepalen anzusehen, oder ob sie nach Eichler'scher Auffassung als ein Hochblattinvolucrum zu deuten sind.

Während dieser Zeit oder kurz nachher wird der Raum zwischen den von mir erwähnten mit den Blättern regelmässig decussiert stehenden Scheiben *P* durch zwei neue kleinere Scheibchen ausgefüllt (Fig. 5 *p*), und hiermit ist die erste Anlage der gewöhnlichen Inflorescenzen beendet. Die Gipfelblüthe, die am weitesten vorgeschritten ist, kann ihrem Wesen nach am leichtesten recognosciert werden, da sie schon zwei Blätter erzeugt hat, die vier darunter befindlichen Scheiben sind die Primordien der vier Seitenblüthen.

Der nächste Vorgang ist, dass sich zwischen die beiden Kelchblätter der Gipfelblüthe in Decussation zwei weitere Sepalen einfinden

(Fig. 6). Sie sind bereits in der frühesten Anlage kleiner und bleiben auch stets in der Entwicklung zurück; diese Differenz kann den Grad erreichen, dass sie an der blühenden Pflanze nur wie zwei kleine Zähnchen erscheinen, die oft übersehen worden sind; ja Eichler geht sogar so weit, ihre Anwesenheit normal überhaupt in Abrede zu stellen. Ich weise aber ausdrücklich darauf hin, dass ich dieselben ohne jede Ausnahme an sehr vielen von mir untersuchten Gipfelblüthen gefunden habe und dass sie bei einiger Sorgfalt auch immer an normal gebildeten Blüthen nachgewiesen werden können. Wie die Stellung der grossen ersten Kelchblätter wechselt, indem sie gewöhnlich mit den laubigen Blättern gekreuzt stehen (Fig. 5), dann aber, wenn auch seltener, dieses Paar in der Flucht der laubigen Blätter liegt (Fig. 7), so muss die Lage der kleinen Sepalen zwiefach sein. Gewöhnlich fällt ihre Mediane mit derjenigen der laubigen Blätter zusammen (Fig. 6), manchmal aber kreuzen sich beide Paare rechtwinklig (Fig. 7).

Die weitere Entwicklung der Terminalblüthe bietet keine Besonderheiten: die Blumenblätter stellen sich zwischen die Sepalen (Fig. 7), mit ihnen wechseln die erst kreisförmig (Fig. 8), später, dem Wachsthum des Blüthenbodens (Fig. 8 *st*) folgend, elliptisch umrissenen Staubgefässprimordien. Die beiden Antherenhälften entstehen, wie so oft durch eine in der kurzen Axe verlaufende Furchung, die sich so weit vertieft, dass der Zusammenhang sehr bald gelöst wird. Aus dieser Thatsache wird die Ansicht erklärt, die von manchen Botanikern vertreten worden ist, dass *Adoxa* in den Blüthen eine doppelte Anzahl von Staubblättern besässe, welche durch monothecische Beutel ausgezeichnet wären.

Völlig abweichend von diesem Entwicklungsgange ist die Genesis der Seitenblüthen. Die scheibchenförmigen Primordien derselben stehen stets in lückenlosem Contakte mit den Kelchblättern der Gipfelblüthe. Ihre zuerst kreisförmige Gestalt (Fig. 4 *P* und 5 *P*) verändert sich sehr bald und wird gerundet dreiseitig (Fig. 12 *P* und 13 *P*), die eine Spitze ist nach unten gewendet. Man sieht nun sehr deutlich, wie der obere Rand den Contaktkörper umwächst: er erhält eine flache Depression. Die seitlichen oberen Ecken aber wachsen in die Lücken hinein, welche durch die Vergrösserung der benachbarten Organe entstehen würden, falls nicht jeder freie Raum sogleich wieder von Neubildungen erfüllt würde. An den beiden oberen Hörnern entstehen nun die ersten Kelchblätter der Seitenblüthen (Fig. 10 s'' und Fig. 13 s').

Der von mir oben beschriebenen Anlage der Kelchblätter gemäss fungiert die Terminalblüthe mit den grossen, ersten Sepalen als Con-

taktorgan für die ersten grossen Primordien, die zweiten kleineren Kelchblätter als solche für die höher inserierten kleineren Seitenblüthenprimordien. Indes kann auch das umgekehrte Verhältniss statt haben, wenn das erste Sepalenpaar im Contakte mit den frühesten Blüthenanlagen zwischen sie tritt.

Erst nach den beiden oberen Sepalen erscheint an der dritten unten gelegenen Spitze des dreiseitigen Primords in minderer Grösse das dritte Kelchblatt (Fig. 8 an fl^u). Stellt man eine solche Blüthenanlage, an der das dritte Kelchblatt noch nicht bemerkt wird, derart, dass man sie von der Seite sieht, so bemerkt man, dass zwischen Primord und Tragaxe ein wulstiger Rand, wie ein Kragen oder Kropf vorhanden ist, über den sich die Spitze hinweggeschoben hat (Fig. 13 *D*). Ich werde später auf diesen Körper zurückkommen und mache deshalb auf ihn jetzt besonders aufmerksam.

Auf dem Blüthenboden innerhalb der drei Kelchblätter erkennt man jetzt (Fig. 8 fl^u) vier schwache Furchen, welche sich in der Verlängerung kreuzen. Die drei oberen Differenzierungsprodukte erzeugen durch vermehrtes randliches Wachsthum drei Läppchen: das obere und die beiden an die ersten Kelchblätter anstossenden seitlichen Blumenblätter. Indem sich das Primord nach unten dehnt, wird zwischen dem letzteren und dem unteren Kelchblatt jederseits ein freier Raum geschaffen, den zwei weitere Petalen besetzen (Fig. 9 p^i). Während diese sich aber ausgliedern, sind auch schon, wiederum in absteigender Folge, die erst kreisförmig, dann elliptisch umrissenen oberen zwei Staminalprimordien erschienen, die sich zum Zerfall durch Furchung anschicken (Fig. 9 zwischen p^s und p^m), wenn die unteren drei Staubblattanlagen allmählich hinter einander aus dem Rande des bereits vertieften Blüthengrundes auftauchen.

Aus dem Verfolg dieser Entwicklung wird uns zunächst die Stellung der Kelchblätter an den Seitenblüthen mechanisch insofern verständlich, als die zwei oberen eine durch den Contakt bedingte Disposition einnehmen. Die Ursache liegt darin, dass das ursprünglich kreisförmige Primord jeder Seitenblüthe die darüber befindliche Blüthe umwächst und oben eine Depression erhält. An dieser Stelle kann ein ferneres Wachsthum zunächst nicht eintreten, denn die widerstandsfähigere Blüthe wirkt als nicht verschiebbare Grösse, als Hemmungskörper. Die dreiseitige Gestalt aber des Primords hängt sicher mit der erhöhten Wachsthumsenergie in der Nähe der Terminalblüthe zusammen, die durch die Vergrösserung der Oberseite der Primordien nicht allein, sondern auch durch Förderung der Organanlagen und durch die Grössenfolge derselben documentiert wird. Die Minderung der Wachsthumsenergie nach unten hin kann sogar den Grad erreichen,

dass das basale Kelchblatt kaum noch angelegt wird, denn es sind entwickelte Blüthen beschrieben worden, an denen es völlig fehlte. Auch die unteren Staubgefässe sind zuweilen abnorm gebildet, manchmal kann die elliptische Form nicht mehr zu Stande kommen, der damit im Zusammenhang stehende Zerfall unterbleibt alsdann, denn die Antherenfächer sind zuweilen nur in der Einzahl vorhanden.

Nicht zu selten, ich habe unter etwa 50 Blüthenständen, die ich prüfte, drei solche Inflorescenzen gefunden, ist die Gipfelblüthe ebenfalls fünfzählig und schliesst sich in der Bildung völlig den Seitenblüthen an. Soll nun die Anschauung, die ich im vorhergehenden besonders und die ich sonst im allgemeinen vertrete, einen Anspruch auf Beachtung erheben, so muss ich nachweisen, dass die Terminalblüthe unter denselben Anlagebedingungen entstanden ist, wie die Seitenblüthen, d. h. ich muss zeigen, dass ein dorsaler Contaktkörper da ist und dass beobachtbare Thatsachen eine erhöhte Wachsthumsenergie an der Oberkante des Primords verrathen. In Fig. 12 habe ich eine solche Inflorescenz dargestellt, deren Terminalblüthe zwar bereits die hinteren beiden Kelchblätter erzeugt hat, die aber doch noch deutlich die bestehenden Contaktverhältnisse demonstriert. An diesem Blüthenstande, wie bei den übrigen beiden von mir beobachteten fiel zunächst eine sehr stark ausgeprägte Schiefstellung des Primords der Terminalblüthe auf, die ein Fingerzeig dafür war, dass eine einseitig geförderte Wachsthumszunahme in dem Kegel, der die Blüthe erzeugte, stattgefunden haben musste. Die Schiefstellung bedingt zugleich in der fertigen Blüthe die Symmetrale, d. h. die Linie, zu welcher nicht blos die Blüthenblätter symmetrisch liegen, sondern an der auch die Wachsthumsenergie in allmählicher Verminderung, somit die Verzögerung der Anlage der Organe herabsteigt. An allen von mir geprüften pentameren Gipfelblüthen fiel die Richtung der Symmetrieebene in die Halbierungsebene der grösseren Seitenblüthenprimordien, die nach meiner obigen Aussage stets mit den laubigen Blättern der Inflorescenz in Decussion stehen. Das seltenere Verhältniss, demzufolge sich die Symmetrale der pentameren Terminalblüthe mit den grossen Primordien kreuzen würde, habe ich nicht beobachtet und ohne Zweifel wird sich dasselbe niemals finden, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird.

Nachdem ich in der Erhebung des Vegetationskegels auf der einen Seite für diese Art von Terminalblüthen das Vorhandensein einer Stelle mit erhöhter Wachsthumsenergie gezeigt habe, muss ich versuchen, der zweiten Forderung gerecht zu werden, nämlich einen dorsalen Contaktkörper nachweisen. Fig. 12, sowie Fig. 11, welche die Terminalblüthe von Fig. 10 in oben gesehen wiedergiebt, lassen

denselben in *Ck* deutlich erkennen. Was ist dies nun für ein Körper? Der Vergleich mit späteren Zuständen zeigt, dass wir es in ihm mit der Anlage einer weiteren über *P* stehenden Blüthe zu thun haben. Blüthenstände mit pentameren Gipfelblüthen sind immer sechsblüthig, anstatt dass sie aus fünf Blüthen aufgebaut werden.

Dem Primordium *Ck* kommt eine doppelte Funktion zu, einmal wirkt es, wie die angezogenen Figuren zeigen, als Contaktorgan für die Terminalblüthe und zweitens als Ursache für die Depression an der Oberkante des grossen Primords *P*, denn man sieht deutlich, wie sich dasselbe um den Körper herumzieht und jene dreilappige Gestalt erhält, die der Bildung der beiden oberen Kelchblätter vorausgeht, ja in Fig. 10 sind die Sepalen bereits erschienen.

Die Ursache der Entstehung von *Ck* liegt wiederum in der einseitigen Erhöhung der Wachsthumsenergie des Inflorescenzprimords. Eine Erhebung in dem Vegetationskegel ist ja ohnehin in den meisten Fällen vorhanden, wenn die grossen Sepalen *S* ausser Contakt mit den kleineren Inflorescenzprimordien *p* über die grossen Primordien *P* fallen (Fig. 5). Zuweilen aber erreicht das Maass der Erhebung eine solche Grösse, dass sich oberhalb der letzteren noch zwei Blüthenprimordien in den erzeugten Raum einfügen können (Fig. 13 π). Diese Dehnung giebt dann Veranlassung zur Entstehung siebenblüthiger Inflorescenzen. Ist nun die Wachsthumsenergie auf der einen Seite über *P* grösser, als auf der anderen, wird also nur die eine Hälfte des Vegetationskegels gedehnt, so kann auch nur dort über *P* ein Primord eingeschaltet werden, auf der anderen Seite bleibt es aus, weil kein Raum dafür vorhanden ist.

Durch den Umstand aber, dass auf der einen Seite ein neues Primord hinzugetreten ist, wird die über ihm befindliche Stelle in Bezug auf die Hervortreibung neuer Anlagen zu der gegenüberliegenden Seite benachtheiligt. Jene muss sich erst über das Primord *Ck* weit genug erheben, damit Platz für die Organe geschaffen wird. Diese einfache Ueberlegung wird dadurch bewahrheitet, dass der erste Körper, welcher an der pentameren Gipfelblüthe auftritt, das untere Kelchblatt ist (Fig. 10, 11 und 12 *s*), während bei den rein seitlichen Blüthen dieses Organs unter seinen Genossen zuletzt erscheint. Die Erhebung des Primords auf der Seite über dem Primordium *Ck* geschieht unter der Einwirkung dieses Contaktkörpers, deren Folge eine dorsale Depression in ihm ist (Fig. 12 zwischen *s* und *s'*), und die Folge der letzteren ist die Bildung zweier Kelchblätter oberhalb von *Ck*.

Die Umkehrung in der Grössendifferenz zwischen den paarigen Sepalen und dem unpaaren Kelchblatte, welche die terminale penta-

mere Blüthe gegen die seitlichen aufweist, ist auch später noch sehr auffällig entwickelt. Ich halte es nicht für überflüssig, zu betonen, dass mich die Vergrösserung des unteren Kelchblattes mit der oben entwickelten Darstellung über die in der pentameren Blüthe bestehende Förderung der Oberseite nicht in Widerspruch bringt. Die erhöhte Wachsthumsenergie der Blüthe auf der Seite über *Ck* ist später, wie die Entwicklung und die fertige Ausbildung der Blüthe gleichmässig zeigen, zweifelsohne vorhanden, die Vergrösserung und frühere Anlage des unpaaren Kelchblattes liegen in besonderen günstigen Verhältnissen, die ihm, ich möchte sagen, vor der vollkommenen Constituierung des Grundprimords der Blüthe geboten werden.

Wenn schon die pentameren Gipfelblüthen auch früher bekannt waren, so hat doch die formale Morphologie sie nicht weiter beachtet und die mit ihnen im Zusammenhange stehenden sechsblüthigen Infloreszenzen vernachlässigt. Wahrscheinlich würde sie sich auch durch die Annahme eines Abortes der Terminalblüthe und Verschiebung einer lateralen in »pseudoterminale« Stellung mit diesem Verhältnisse abgefunden haben, eine Annahme, die aber die ganze Natur dieser Blüthenstände vollkommen verkennen lässt, ganz abgesehen davon, dass die leichte Beweglichkeit und Verschiebbarkeit nur in der Vorstellung der Autoren, nicht aber in der Natur existiert. Die Schule aber, die da meint, den Typus einer Form stellt dasjenige Gebilde dar, welches die höchste Zahl von gleichwerthigen Organen aufweist, kann vielleicht die sechsblüthigen Inflorescenzen anders »deuten«. Für sie ist der von mir schon angeführte siebengliedrige Blüthenstand der Ausgangspunkt. Die sechsblüthige Inflorescenz entsteht nach ihr dann, wenn eine der oberen Seitenblüthen abortiert. Die Gipfelblüthe wird man wahrscheinlich (eine sichere Festsetzung der Erklärung ist selbstredend der ganzen Auffassung gemäss unmöglich) als geblieben voraussetzen und in ihr eine »einfache Zahlenmodifikation nach dem Vorbilde der Seitenblüthen« erkennen.

Die siebenblüthige Inflorescenz, deren Entstehung ich auf die gleichförmige Erhebung der Axe und die dadurch bewirkte Einschaltung von zwei Blüthenprimordien π zurückgeführt habe, stellt nun ein System dar mit völlig symmetrisch vertheilten Anlagebedingungen für die Gipfelblüthe. Die Ursachen zur Bildung einer abschüssigen Ebene und für die damit in Verbindung stehende Entwicklung einer pentameren Blüthe unter der Einwirkung eines Rückencontaktes sind jetzt aufgehoben und die Folge ist wieder die Entstehung einer tetrameren Gipfelblüthe. Dadurch, dass die π-Primordien an dem Vegetationskegel hoch heraufreichen, entstehen über den kleinen der ersten Primordien Lücken, welche als die besten Anlageplätze von den ersten

Sepalen der Terminalblüthen besetzt werden. So viele ich der jugendlichen und voll entwickelten Inflorescenzen mit sieben Blüthen studiert habe, ich fand stets diese Stellung der Kelchblätter (Fig. 13 *S*), die mit dem seltneren Falle in den fünfblüthigen Inflorescenzen zusammentrifft und so weit ich übersehen kann, wird man nach der entgegengesetzten Disposition vergeblich suchen. Die Kette der Blüthenpaare braucht mit diesem dritten keineswegs abgeschlossen zu sein, es ist vielmehr wohl möglich, dass sich noch ein ferneres Paar im Contakte mit π gelegentlich einstellt; ebenso wenig ist die Entstehung von achtblüthigen Inflorescenzen, bei denen die Gipfelblüthe wieder pentamer sein müsste, von vornherein auszuschliessen. Alle diese Ampliationen werden aber, da schon die besprochenen Abwandlungen zu den Seltenheiten gehören, ein noch weniger häufiges Vorkommen haben.

Bezüglich der theoretischen Interpretation nach der comparativen oder formal schematischen Methode ist nur der Organcomplex von Bedeutung, den ich Kelch genannt habe. Die meisten Morphologen, welche sich mit den Blüthen unseres Pflänzchen beschäftigt haben, erkannten darin denselben Blüthencyklus. Eichler dagegen hat unter Herbeischaffung eines umfangreichen Materials und mit Aufwendung vielen Scharfsinnes die Ansicht vertreten, dass die äusseren vier Blätter der Gipfelblüthe und die drei der Seitenblüthen keine Kelche seien. Für die letzteren erkannte er in den Organen ein Tragblatt mit zwei Vorblättern, für die ersteren hielt er daran fest, dass ein Hochblattinvolucrum vorläge.

Schon die Duplicität in der Wahl der Homologieen für jene Organe, welche wenigstens für einen naiven Beobachter völlig gleicher Natur sein werden, muss stutzig machen, und wenn nicht durchaus zwingende Gründe vorliegen, welche die Annahme einer Gleichsetzung völlig ausschliessen, wird man sich nur mit erheblichen Bedenken zustimmend verhalten können. Zunächst muss ich die Eichler'sche Festsetzung der Thatsachen nothwendiger Weise in einigen wesentlichen Punkten corrigieren. Er meinte, dass die Gipfelblüthe stets nur zwei solcher Hüllblätter besässe, die sich mit dem oberen Paare der Seitenblüthen kreuzten und mithin zur Abstammungsaxe des ganzen Sprosses median ständen. In diesem Satze ist der erste Theil entschieden unrichtig. Ich habe bei zahllosen sich entwickelnden und völlig ausgebildeten Blüthen stets vier Kelchabschnitte gesehen; wenn auch die kleineren nicht selten während der Anthese so winzig sind, dass sie weniger in die Augen fallen, so sind sie doch ausnahmslos da und an den sich entwickelnden Blüthen treten sie stets sehr klar hervor. Der zweite Theil des Satzes ist nur bedingt richtig, allerdings liegen

gewöhnlich die zwei grossen Kelchblätter in den Lücken zwischen den laubigen Begleitblättern, aber es giebt ganz sicher nicht wenige Inflorescenzen, in denen sie mit jenen gleichsinnig orientiert sind.

Wenn nun Eichler ferner meinte, das unterste unpaare Kelchblatt sei einem Tragblatte homolog, die paarig gestellten oberen aber zwei Vorblättern, so müssen gegen diese Annahme durch die Entwicklungsgeschichte die gewichtigsten Bedenken erwachsen. Ganz richtig bemerkte Eichler, dass die beiden Blattformationen an ungleichen Axen stehen müssten, das Tragblatt nämlich an dem Inflorescenzträger, die Vorblätter an der Axe der Blüthe. Schon Payer hat aber sehr richtig gesehen, dass das vermeintliche Tragblatt aus dem Blüthenprimordium selbst entspringt. Ausserdem entsteht es viel später als jene, beide Momente sprechen bei einer realen Auffassung gegen die Eichler'sche Deutung.

Freilich können die Anhänger der Eichler'schen Deutung dagegen einwenden, man müsse die Thatsache, dass das Tragblatt an der Blüthenaxe sitze, durch Verschiebung erklären, die zweite, dass es später entstehe, durch Verspätung der Anlage. Die von mir angedeutete »Erklärung« bezeugt schon durch den Wortlaut, dass sie nur eine Umschreibung der Sachlage ist, eine Tautologie, durch welche eine tiefere Einsicht nicht gewonnen werden kann. Ueberdies ist jene Verschiebung reell wegen der Verspätung nicht nachweisbar, sie muss geschehen sein, ehe das Organ in Erscheinung trat, sie kann also nur congenital vorausgesetzt werden.

Für denjenigen Autor, welcher an die Congenitalität glaubt, werden die von mir gemachten Einwürfe doch vorläufig keine überzeugende Kraft besitzen. Viel wichtiger aber ist die folgende Thatsache, gegen welche jeder Einwand von selbst fallen muss. Wydler hat in einer Anmerkung* zu seiner Untersuchung über die *Adoxa*-blüthe folgendes mitgetheilt: »Dass die Hochblätter als in der Anlage vorhanden, aber nicht zur Entwicklung kommend, angesehen werden müssen, geht daraus hervor, dass man sie zuweilen wirklich als kleine Spitzchen auftreten sieht, welche so ziemlich Form und Farbe der Kelchabschnitte haben, aber immer kleiner als sie sind«. Ich habe mich zu wiederholten Malen von der Richtigkeit dieser Beobachtung überzeugt. Nun könnte man meinen, dass ich hier von einer Methode Gebrauch mache, die ich bereits des öfteren auf das Entschiedenste abgelehnt habe, dass ich nämlich ein teratologisches Vorkommen benutze, um ein gewisses Verhalten zu erklären. Ich werde sogleich zeigen, dass dieser Einwand nicht Stich hält.

* Wydler in Flora 1850, p. 435*.

Es giebt eine Anzahl von Blüthen, die, in dichten Aehren und kolbenartigen Blüthenständen vereinigt, dem äusseren Augenscheine nach normal deckblattlose Sprosse darstellen. Ich nenne hier, weil ich dieselben genauer kenne, *Acer pseudoplatanus* und die *Potamogetoneen*. Diese Pflanzen zeigen in gewissen Fällen unterhalb der Blüthen wirkliche Deckblätter auf. Ich habe entwicklungsgeschichtlich feststellen können, dass in der ersten Anlage jedes Blüthenprimord an seiner Basis von einem eigenthümlichen Kragen oder von einem Kropfe umfasst wird und dass dieses Organ von dem sich entwickelnden Primord der Blüthe überwachsen wird. Indem sich die Spitze über den Kragen schiebt, kommt das Primord ausser Contakt mit ihm und trotz seiner Anwesenheit wirkt es nicht mitbestimmend auf die Anlage der äusseren Cyklenglieder. Da sich dieser Kropf unter Umständen nachträglich zu einem deutlichen Blatte entwickelt, so muss es als ein rudimentäres Organ angesehen werden, das wahrscheinlich wegen anderweitiger Schutzvorrichtungen, alle diese Inflorescenzen sind nämlich ganz ausserordentlich dicht umhüllt, zur Rückbildung gelangt ist.

Den bei *Potamogeton* und *Acer pseudoplatanus* beobachteten Kragen habe ich an jeder Seitenblüthe von *Adoxa* ohne irgend eine Ausnahme beobachtet, es ist der Körper, auf dessen Wichtigkeit ich oben in der Beschreibung der Blüthenentwicklung hingewiesen habe. Durch dieses Beispiel wird wiederum die Nichtigkeit jener Behauptung belegt, dass die ontogenetischen Untersuchungen für die Systematik keinen Zweck hätten, dass man durch den Vergleich viel sicherere Resultate gewänne, dass die Entwicklungsgeschichte eine zu »unsichere Führerin« sei. Wie ist es denn mit der Sicherheit der Resultate, die nach der comparativen Methode gewonnen worden sind, bestellt? WYDLER erhält das Ergebniss, dass die drei äusseren Blätter der Seitenblüthen ein Kelch sind; EICHLER gelangt zu der Ueberzeugung, dass es das Tragblatt mit zwei Vorblättern ist, dass der zweite Cyklus eine Krone, der Kelch also abortiert sei; AL. BRAUN kommt auf demselben Wege später wieder zur WYDLER'schen Meinung zurück, DRUDE dagegen wird der Ueberzeugung, dass EICHLER bezüglich des äusseren Cyklus Recht hat, ihm zufolge ist aber der Kelch geblieben, dafür die Krone in Wegfall gerathen. Dieser Erfolg scheint mir doch von irgend einer Sicherheit und Festigkeit weit entfernt zu sein.

Wenn man einmal auf dieses Tragblatt aufmerksam geworden ist, kann man seine Anwesenheit auch an den entwickelten Blüthen in seinem rudimentärsten Zustande erkennen: der Blüthenstiel ist nämlich am Grunde articuliert; der kleine Wulst an der Stelle unter der Gliederung ist der letzte Rest, der geblieben ist.

Mit der Constatierung des Tragblattes, das schon WYDLER

beobachtet hatte, das aber, weil es für die bereits fertige Theorie nicht passte, als unwesentlich übersehen wurde, fällt die Meinung, dass das vordere Blatt des äussersten Cyklusses ein Tragblatt sei, weg, denn niemals stehen zwei Tragblätter in einer Blüthe über einander.

Der Blattdrilling lässt aber immer noch eine doppelte Auffassung zu: entweder er kann für einen Kelch oder für ein Hochblattinvolucrum gehalten werden. Ich sehe keine rechte Nöthigung*, dem Organe die Natur abzusprechen, die doch am klarsten ausgeprägt ist und die ihm nur mit Aufwendung eines nicht unbeträchtlichen Scharfsinnes aberkannt werden kann. Ob nämlich ein Involucrum oder Kelch vorliegt, sollte man meinen, muss in der vorliegenden Pflanze entschieden werden können, weil sie einen unterständigen Fruchtknoten hat: das erstere werden wir nämlich an der Basis der Blüthe unterhalb des Fruchtknotens selbst finden, der Kelch wird auf ihm sitzen. Wie leicht Merkmale übersehen werden, wenn sie in das vorschwebende Schema nicht passen, habe ich soeben gezeigt, hier liegt ein zweiter Fall vor; es ist überraschend, dass die klar vor Augen liegende Thatsache bis jetzt von den Autoren, welche den äusseren Kreis als nicht streng zu den Blüthencyklen gehörig deuten wollten, völlig unberücksichtigt gelassen worden ist.

In der Zusammenfassung meiner Resultate aus den Studien über den Blüthenanschluss habe ich versucht, die Frage zu prüfen, warum die formale Morphologie allen an sie tretenden Forderungen gerecht werden kann, und habe die Antwort darin gefunden, dass die aufgestellten Thesen durch die angehängten Corollarien sämmtlich wieder aufgehoben werden. Hierin liegt die proteusartige Natur dieser Lehre, die mit Leichtigkeit jedes beliebige Gesicht annehmen kann; wird irgend einer Behauptung mit Thatsachen entgegen getreten, so entzieht sie sich durch eine Ausweichung, die ihr durch jene Corollarien in zahllosen Schlupfwegen zu Verfügung stehen; wenn dann in irgend einem Bezirke der gesammten Botanik ein Analogon zu der neuen Behauptung gefunden worden ist, so wird gemeinlich der Fall als erledigt betrachtet.

Wer nun aber den äusseren Cyklus als ein Involucrum ansehen will, wird sich doch durch die von mir vorgebrachten Thatsachen nicht irre machen lassen, er wird nämlich meinen, dass die drei Blätter an dem Fruchtknoten in die Höhe gewachsen sind. Reell genommen, ist dies wiederum durchaus nicht möglich, weil durch keinerlei

* Nach Abschluss dieser Untersuchungen hat sich auch Engler entschieden gegen die Eichler'sche Auffassung in den Natürl. Pflanzenfam. IV. 4. p. 190 ausgesprochen, wogegen Fritsch an derselben festgehalten hat. l. c. p. 170.

intercalare Einschaltungen ein früher unterhalb der Fruchtknotenhöhle inseriertes Blatt über die Basis jener Vertiefung, also auch nicht bis unter die Blumenblätter gehoben werden kann. Hier hilft nun wieder die congenitale Anwachsung aus. Analogieen, dass wirklich Blätter am Fruchtknoten sitzen, liefern die *Cactaceen* und die *Umbelliferen*. Wenn sie aber dort vorkommen, so argumentiert die formale Schule weiter, so können sie auch sonst unter der Blumenkrone sitzen.

Was nun den entsprechenden Cyklus unter der Terminalblüthe anbetrifft, so lassen sich dieselben Momente für seine Kelchnatur ins Feld führen, die ich von den Seitenblüthen erwähnt habe. Eichler scheint ganz besonders durch die Gipfelblüthe zu seiner Annahme gebracht worden zu sein. Das Spiel von einzuschaltenden oder abortierenden Hochblättern wird von ihm bei vielen Familien mit tetrameren Blüthen vorgenommen, um die widerstrebenden Blüthenbilder in die normalen Formen überzuführen. Ich habe diese Vornahme bei den *Rubiaceen* seiner Zeit beleuchtet, was von diesen gilt, hat auch Bezug auf die *Jasminaceen*, *Oleaceen*, *Gentianaceen* und endlich auch auf *Adoxa*.

Den vorzüglichsten Beweis für die Richtigkeit der Hochblattnatur sah er darin, dass gewisse siebenblüthige Inflorescenzen vorkommen, deren Gipfelblüthe völlig kelchlos sein soll. Ich habe zwar nicht wenige solcher Blüthenstände gesehen und auch einen solchen in Fig. 13 abgezeichnet; mir ist aber keiner vorgekommen, in dem der Gipfelblüthe jener vierblättrige Cyklus gefehlt hätte. Sollte nicht der vielleicht sehr kleine Kelch Eichler's Beobachtung ebenso entgangen sein, wie er in den fünfblüthigen Inflorescenzen das zweite der decussierten Paare übersehen hat? Die Vorstellung, welche er an die vermeintliche Abwesenheit der Gebilde knüpfte, dass nämlich in den Achseln der Elemente des unteren Hochblattpaares Blüthen entstanden seien, welche die Inflorescenz bereicherten, wird hinfällig durch die Thatsache, dass jedes der Blüthchen gleich den anderen Seitenblüthen sein Tragblatt besitzt. Die Meinung ferner, dass die zuweilen vorhandenen Kelchblätter der Terminalblüthe überhaupt in fortgesetzter Decussation an die laubigen Begleitblätter anschlössen, wird beseitigt durch die Thatsache, dass sie auch in die Mediane mit den letzteren fallen können. Selbst dieser Beobachtung kann natürlich durch die Behauptung ausgewichen werden, dass in diesem Falle ein vollkommen abortiertes Hochblattpaar ergänzt werden muss. Wem durch solche formale Vornahmen Genüge geleistet wird, dem soll nun nicht weiter widersprochen werden. In Summa werden sich zwei Ansichten gegenüberstehen, die eine operiert nach gewissen Regeln mit Strichen und Punkten, welche dort angebracht werden, wo sie theoretisch

nothwendig sind, unbekümmert darum, ob die Stellungen vorkommen, ja ohne Sorge, ob sie überhaupt mechanisch möglich und schliesslich doch denkbar sind; die zweite bemüht sich auf exakte Weise durch die Festsetzung sinnlich wahrnehmbarer Thatsachen, die Blüthenformen ursächlich zu erklären.

Ich glaube im Vorhergehenden nachgewiesen zu haben, dass die beiden mit einander nicht unmittelbar in Einklang zu bringenden Blüthenformen von *Adoxa* aus den bestehenden Contaktverhältnissen zu erklären und deshalb verständlich sind. Die Gipfelblüthe ist tetramer, besteht aus Kelch, Blumenkrone, Staubgefässen und Stempeln; alle Glieder sind in einfachen Cyklen entwickelt. Je nach dem Contakte steht das erste Kelchpaar zu den laubigen Begleitblättern in Decussation oder seltener fällt es in die Mediane jener. Die übrigen Organe werden in ihren Oertern nach dem Contakte bestimmt. Die Seitenblüthen dagegen sind zygomorph und heteromer gebaut. Die Stellung der zwei ersten Sepalen wird durch den Contakt einer Gipfelblüthe, seltener bei siebenblüthigen Inflorescenzen, zum Theil durch den dorsalen Contakt zweier oberer Blüthenprimordien bestimmt. Das ursprünglich scheibenförmige kreisrunde Primord der Blüthe umwächst den Contaktkörper, lappt sich und erzeugt auf den Lappen die beiden ersten Kelchblätter. Indem es oben stärker in die Breite wächst, gewinnt es dreiseitige Form, an der dritten Spitze des Dreiecks entsteht das dritte Kelchblatt. Ein Tragblatt ist, gewöhnlich in der sehr reducierten Ausbildung eines schmalen Kragens, stets vorhanden. Im Contakte mit den drei Blättern treten drei Primordien auf, die drei oberen Petalen, denen sich, nachdem die Dehnung des Primords nach unten zu neuen Raum geschaffen hat, zwei weitere untere Blumenblätter zugesellen. Die Orte der Staubgefässe werden in absteigender Reihe durch den Contakt bedingt, sie treten in die Lücken zwischen die Blumenblätter, ebenso vollzieht sich die Bildung des Gynäceums in absteigender Folge unter den obwaltenden Contakten.

Alle die zahllosen Abwandlungen in den Blüthen lassen sich mühelos ursächlich erklären, die pentameren Terminalblüthen werden bedingt durch Schiefstellung des Gipfels unter der Mitwirkung eines dorsalen Contaktes, der von einem neu hinzutretenden fünften Seitenblüthenprimord gebildet wird. Fünfzählige Kelche, die auch vorkommen, entstehen durch Einschaltung zweier neuer unterer Kelchblätter. Die nothwendiger Weise vorhergehende Längsdehnung des Blüthenbodens äusserte sich bei einer solchen von mir untersuchten Blüthe dadurch, dass der Raum zwischen je zwei Blumenblättern nicht von einem einfachen, sondern einem doppelten Staminalprimord eingenommen wurde. Da für die Basis der Blüthe diese Dehnung nicht mitwirkend war, so

war es nicht überraschend, dass dort nur ein einfaches Staminalprimord vorlag. Durch die bekannte Furchung entstand dann ein Andröceum, das 9 in einem einzigen Kreise aufgestellte Staubgefässe mit 18 monothecischen Antherenhälften besass.

Ueber die Verwandtschaft der Pflanze will ich nur wenige Worte hinzufügen. Ich stimme trotz der abweichenden Auffassung über die Blüthe der Ansicht DRUDE's bei, dass *Adoxa* besser bei den *Saxifragaceen* untergebracht wird, als dass sie zu den *Loniceraceen* gestellt wird. Die abwechselnde Disposition der Rhizomblätter spricht wohl gegen eine Verwandtschaft mit letzteren. Nicht minder ist die ausgeprägte Polypetalie ein Moment, welches einer engen Verbindung mit den *Rubiales* ungünstig ist. Ich halte es aber nicht für zweckmässig, sie unmittelbar an *Chrysosplenium* anzuschliessen, stimme vielmehr der Meinung zu, dass *Adoxa* besser als aberranter Typus eine eigene Familie ausmacht.

B. Die Ordnung der Fluviales.

Auf Grund meiner ziemlich eingehenden Studien der monocotylischen Wasserpflanzen mit oberständigen Fruchtknoten für die Flora Brasiliensis bin ich zu der Ueberzeugung gekommen, dass es nicht wohl angängig ist, die recht mannigfachen und morphologisch nicht wenig heterogenen Gestalten fernerhin in dem engen Verbande einer Familie zu belassen, sei es nun, dass man sie, mit noch weiteren Gruppen ausgestattet, als *Najadaceae* (BENTHAM et HOOKER) bezeichnet, sei es, dass man sie in engerem Sinne auffasst und mit dem Namen *Potamogetonaceae* (ASCHERSON) belegt. Schon DUMORTIER* hatte vorgeschlagen, die Familie aufzulösen, und hatte neben den *Potamogetoneae*, die *Zannichelliaceae*, *Zosteraceae* und *Najadeae* ausgeschieden. Dieser Vornahme möchte ich mich durchaus anschliessen; leider kann ich aus eigener Anschauung ein Urtheil darüber nicht abgeben, wie sich *Posidonia* und *Cymodocea* verhalten, da es mir an dem geeigneten Materiale zur Untersuchung gebrach; nach der mir bekannten Litteratur möchte ich aber meinen, dass sie ebenfalls als besondere Familien jenen gleichwerthig an die Seite gestellt werden dürfen. Auch die *Zosteraceae* habe ich nicht studiert; von den übrigen war ich aber im Stande, nach gutem, frischem Materiale mir eine gründliche Einsicht über die morphologischen Verhältnisse des Sprossaufbaues und der Blüthen, sowie eine Kenntniss über die Entwicklungsgeschichte der letzteren

* DUMORTIER, Analyses des familles 65.

zu verschaffen. Als Anhang an dieses Kapitel werde ich noch die Morphologie der *Lilaeaceae* behandeln, welche als verbindendes Glied zwischen der Ordnung der *Fluviales* und der Familie der *Juncaginaceae* zu betrachten sind.

a. Die Familie der Potamogetonaceae.

Die beiden Gattungen, welche diese Familie zusammensetzen, weisen bei einer nicht geringen Uebereinstimmung in der Tracht doch so erhebliche Differenzen in dem Aufbau ihrer Blüthen auf, dass eine gemeinschaftliche Behandlung beider füglich nicht möglich ist. Was die erste derselben, *Potamogeton* anbetrifft, so haben sich mit der Untersuchung über den Sprossaufbau mehrere Botaniker beschäftigt, von denen ich vor Allen den so vortrefflichen Beobachter Irmisch erwähne*, dessen Darstellungen noch heut als mustergültige angesehen werden müssen.

Sämmtliche Arten von *Potamogeton* besitzen ein kriechendes, oft tief im Boden der Gewässer eingebettetes Rhizom, dessen Dicke von der eines dünnen Bindfadens bis zu der eines Gänsekieles wechselt. Man kann leicht zu der Meinung geführt werden, dass diese Rhizome monopodiale Axen seien, aus deren Oberseite die schliesslich zur Blüthe gelangenden Seitenstrahlen hervorsprossen, während die Unterseite frei davon ist. Eine Betrachtung indes der Endknospe eines solchen Rhizomes genügt bereits, um unzweifelhaft zu zeigen, dass der vermeintliche einfache, einheitliche Körper ein Sprossverband von Axen verschiedener Ordnung ist. Betrachten wir uns nämlich das Stück eines Rhizoms, welches in seinen Internodien schon weit genug gedehnt ist, um einen Ueberblick zu gestatten, so erkennen wir, dass jedes Achselprodukt zunächst zwei Blätter anlegt; ein erstes, welches ganz die Stellung und Natur eines adossierten Vorblattes hat, liegt mit seiner Mediane auf der Oberseite der Axe, es ist steril, d. h. es beherbergt in seiner Achsel keine Knospe; das zweite Blatt dagegen, welches bodenwärts gestellt ist, erzeugt einen Seitenstrahl, der die Richtung der Hauptaxe usurpiert, indem er jene, die sich allmählich aufrichtet, bei Seite wirft. Dies zuletzt erwähnte Achselprodukt wiederholt genau dieselbe Bildung, d. h. es bringt wieder ein adossiertes steriles Vorblatt und ein nach unten gewendetes Niederblatt hervor, aus dem ein Spross folgender Ordnung die jetzige relative Hauptaxe wieder bei Seite drängt u. s. f.

Bisher ist die Form der Sprossverkettung in den Rhizomen von

** Irmisch in Flora 1851, p. 81. t. 1. und in Abhandl. des naturw. Vereins für Sachsen und Thüringen II. 5.

Potamogeton nur aus bereits weiter vorgeschrittenen Stadien abgeleitet worden. Die Entwicklungsgeschichte der Grundaxen hat noch Niemand untersucht. Ich habe dieselbe an drei Arten von *Potamogeton* durchaus gleichartig gefunden, und zwar an *P. decipiens* Nolte, *natans* L. und *perfoliatus* L. Von allen genannten eignet sich besonders zu diesem Behufe die letzterwähnte Species; ich habe sie den übrigen deswegen vorgezogen, weil der Vegetationskegel der Hauptaxe sich sehr schnell verlängert, hoch thurmförmig wird und die Blattanlagen überragt (Taf. III, Fig. 15 und 16), während bei den beiden anderen und den allermeisten übrigen Arten der Vegetationskegel tief innerhalb der letzten Blätter eingesenkt sich befindet und von ihnen hoch überragt wird. Nur noch eine Art ist mir bekannt, welche die Eigenthümlichkeit des hoch thurmförmigen Vegetationskegels mit *P. perfoliatus* theilt, es ist *P. densus* L.

Das wirkliche Ende des Rhizomes aus dem Schlamm und dem Erdboden auf dem Grunde eines Teiches herauszuarbeiten, ist stets eine sehr missliche Sache und gelingt nur in wenigen Fällen zur Zufriedenheit. Glücklicher Weise kann man sich aber in bequemerer Weise die Zustände verschaffen, welche zu der Untersuchung geeignet sind. In der Achsel nämlich des dritten, unmittelbar über der Grundaxe stehenden Blattes jedes Sympodialgliedes, oder des ersten eines Laubzweiges befindet sich eine Knospe, welche später zu einem Rhizomstrange auszuwachsen vermag. In der Umhüllung zweier Blätter dieses Körpers findet man dann einen mehr oder weniger schon gedehnten Laubspross und direkt unter ihm in der Achsel des zweiten Blattes eine neue Knospe, die wieder von zwei Blättern eingeschlossen, in einen Laubspross aufgeht und abermals aus dem zweiten Blatte eine jüngste Sprossanlage hervorgebracht hat. Eine etwa 2 mm lange Knospe schliesst demgemäss bereits drei Generationen ein, von denen die jüngste in Fig. 15 dargestellt ist. An ihr sieht man, wie sich das Achselprodukt aus *f''*, also der Fortsetzungsspross des Sympods soeben von dem Vegetationskegel abscheidet; Fig. 16 ist ein etwas älterer Zustand, in dem man schon die Eigenart des Laubsprosses angedeutet sieht, während Fig. 19 den noch mehr entwickelten, hoch thurmförmigen Kegel eines solchen wiedergiebt. Um den Unterschied zwischen ihm und dem Sprossscheitel von *P. natans* klar zu machen, habe ich den letzteren in Fig. 17 und 18 zur Darstellung gebracht.

Wenn ein neues Sympodialglied die Fortsetzung des Sprossverbandes übernommen hat, erzeugt die vorige Hauptaxe eine mehr oder minder grosse Zahl von homo- oder heteromorphen Blättern und läuft endlich, nachdem zwei derselben besonders nahe aneinander

gerückt sind, die das Sprossende scheidenförmig umfassen, in einen Blüthenstand aus.

Der Verschluss um den letzteren kann um so vollkommener sein, als am Grunde der Blätter eigene Apparate für ihn vorhanden sind. Diese sind in den selteneren Fällen scheidenförmige Erweiterungen der Blattbasen, welche den Stengel umfassen (Sect. *Coleophylli*); häufiger finden sich eigenartige Wucherungen der weniger deutlich scheidig erweiterten Blattfläche vor der Spreite, die ebenfalls den Stengel umfassen und physiologisch wie jene wirken. In den Werken über die Systematik der Gattung *Potamogeton* begegnet die Angabe, dass *P. mucronatus* Schrad. dadurch vor allen Arten ausgezeichnet sei, dass jenes Blatthäutchen* auf dem Rücken gespalten sei, während diese Organe bei den übrigen Formen dort, wo sie der Blattfläche zugewendet sind, einen lückenlosen Zellverband wahrnehmen lassen.

Ich habe diese interessante, dem *P. compressus* L. nahe stehende und ähnliche Art lebend nach Exemplaren aus dem Grunewalde bei Berlin untersuchen können. Man überzeugt sich leicht von der Richtigkeit der Angabe, dass das Blatthäutchen auf dem Rücken gespalten sei, sobald man eine beblätterte Pflanze gegen das Licht gehalten betrachtet. Die etwas starren Blatthäutchen stehen nämlich vom Stengel ab, lässt man durch sie das Licht hindurchfallen, so bemerkt man den der Länge nach verlaufenden Spalt. Wenn derselbe von Anfang an in dem Blatthäutchen vorhanden war, so musste nothwendiger Weise irgend ein Umstand vorliegen, welcher den lückenlosen Verband jener vor der Blattspreite sich ausbildenden Wucherung nicht zu Stande kommen liess. Es war mir von Interesse, einen Hemmungskörper dieser Art nachzuweisen, und ich unternahm es deshalb, die Entwicklungsgeschichte des Blattes zu verfolgen. Ich stand indes bald von meinem Vorhaben ab, weil ich mich in Kurzem überzeugte, dass der ersten Anlage nach ein Unterschied zwischen dem Blatthäutchen des *P. mucronatus* und dem der anderen Arten nicht bestand. In einer jeden schon ziemlich weit in der Entwicklung vorgeschrittenen Knospe der Pflanze ist das Blatthäutchen vollkommen ganz; da es aber der Spreite des benachbarten Blattes eng angepresst ist, gelingt es nicht ohne Weiteres, seine Beschaffenheit gut zu erkennen. Verfährt man unsanft bei der Beobachtung des Organs, so tritt jene Veränderung alsobald ein, die jedes Blatthäutchen sonst erst später erfährt, es reisst nämlich in der Mitte auf und so kann die Täuschung entstehen, als ob es auch schon in jugendlicheren Stadien gespalten sei.

* Dieses Blatthäutchen wird auch zuweilen mit dem Namen des Nebenblattes belegt (stipula intrapetiolaris).

Ueber die Stellung der Blätter will ich hier nur kurz hervorheben, dass in der Gattung reine Distichie vorkommt: sie findet sich bei denjenigen Formen, welche einen hoch thurmförmigen Vegetationskegel besitzen, also bei *P. perfoliatus* und *P. densus* (Taf. III, Fig. 19). Die meisten Arten haben ein wenig dorsiventral gestellte Blätter, d. h. sie stehen zwar auch in zwei Zeilen über einander, die Oeffnungswinkel der Spreiten auf der einen Seite sind aber grösser als auf der anderen (Fig. 20). Dass beide Verhältnisse ursächlich durch die Natur der Scheidenflanken bedingt werden, geht aus der Beobachtung hervor, dass sich jedes neue Blatt in die Scheidenöffnung des vorhergehenden einfügt. Aus den mitgetheilten Figuren wird die Stellung nach ihrer Entstehung klar werden (Taf. III, Fig. 19, 20, 21, 25 und Taf. IV, Fig. 6). Von *P. natans* und Verwandten liest man, dass die Blätter in den unteren Theilen der Laubsprosse spiral disponiert seien, und zwar hat Irmisch angegeben, dass die Phyllome nach $\frac{2}{5}$ gestellt wären. Ich habe an sehr jungen Knospen eine rein spirale, genau nach $\frac{2}{5}$ sich richtende Disposition nicht beobachtet, ich bemerkte vielmehr, dass eher die Blätter in zwei schraubig gewundenen Zeilen stehen; in Fig. 17 habe ich den Gipfel einer sehr jungen solchen Knospe abgezeichnet. Wie man bei den *Cucurbitaceae* eine quincunciale Disposition aus den schraubig gewundenen Zeilen construiert hat, so dürfte der Irrthum auch an *Potamogeton* erklärlich werden. In beiden Fällen kann man die Stellung als eine Annäherung an die Hauptreihe auffassen, wenn sie auch mit dem angenommenen Divergenzbruche nicht coincidiert.

Ehe die Axe in den Blüthenstand aufgeht, rücken die letzten Blätter, wie ich erwähnt habe, in der Regel zusammen und bilden die sogenannte Spatha; sie heissen danach ganz zweckmässig Spathenblätter. Ihre Scheiden oder Blatthäutchen sind gewöhnlich vergrössert, ja bei *P. densus*, der sonst an allen Laubblättern der letzteren entbehrt, bilden sich seitliche Scheidenanhänge in dieser Gegend aus, welche die sogenannten gespaltenen Blatthäutchen der Art darstellen.

Was die Verzweigung der Laubsprosse anbetrifft, so findet dieselbe hauptsächlich aus den beiden Spathenblättern statt. Dies Verhalten gilt nicht blos für *Potamogeton*, sondern auch für *Ruppia*, obschon die letztere in so viel höherem Grade auch Aeste aus den anderen Blättern der Laubsprosse hervorbringt, dass Irmisch die Verzweigung von *Ruppia* geradezu traubig nennt.

Von den beiden Sprossen, die nach Abschluss der Axe durch einen Blüthenstand aus den Spathablättern hervortreten, ist in der Regel der eine beträchtlich gefördert und dieses Ueberwiegen an Grösse gegen den zweiten Spross kann so weit gehen, dass der letztere kaum noch ausgetrieben wird, ja dass er endlich ganz zum Schwinden kommt.

Indem die Spathablätter auf nahezu gleiche Höhe zusammengerückt sind, entstehen durch die bei *Potamogeton* besonders entwickelte Verzweigungsweise Dichasien, die durch Förderung des einen Lateralstrahles eine bestimmte monochasiale Tendenz zeigen, um endlich in reine Monochasien überzugehen.

Welche Art von Monochasien überhaupt entsteht, ist in erster Linie abhängig von dem Anschluss des Lateralstrahles an die Hauptaxe, d. h. von der Stellung des Primärblattes zu dem Deckblatte des Sprosses. Je nachdem das erste Blatt nämlich adossiert ist und das zweite diametral gegenüber steht, oder die beiden ersten transversal gestellt sind, giebt es zwei Kategorien von Monochasien. Liegen die beiden Primärblätter in der Mediane zum Deckblatte, so fallen natürlich auch die aus beiden Primärblättern oder aus einem derselben hervorgehenden Seitenstrahlen ebenfalls in die Mediane. Da sich nun der Process der Ramification immer wieder in demselben Sinne wiederholt, so liegen in einem Sprosssysteme, dessen Glieder die Primärblätter in adossierter axoskoper und in phylloskoper Stellung hervorbringen, sämmtliche Blätter und alle Axen in einer Ebene; ich werde diese Systeme monopedische nennen.

Sind dagegen die Primärblätter transversal gestellt, so fallen schon diese in eine Ebene, die sich mit der Mediane des Deckblattes rechtwinklig kreuzt. In jeder folgenden Verzweigung tritt wieder dasselbe Verhältniss auf und schliesslich liegen die Primärblattpaare, beziehungsweise die aus ihnen sich entwickelnden Sprosse in ebenso vielen Ebenen, als Sprosspaare vorhanden sind. Die Ebenen liegen zwar in zwei auf einander senkrecht stehenden Hauptrichtungen, denen sie parallel gehen, aber sie fallen doch nicht in zwei einander senkrecht schneidende zusammen; ich nenne diese Verzweigungssysteme polypedische.

Eigenthümlicher Weise hat man diese beiden Arten dichasialer Sprossverbände nicht von einander gesondert, so lange sich beide Lateralstrahlen entwickeln; dagegen hat man die Scheidung vorgenommen, sobald sie derart verarmen, dass nur der eine Zweig des Dichasiums zur Entwicklung kommt. Man wird aber bei der Auseinandersetzung der doch immerhin nicht ganz einfachen und noch heute vielfach missverstandenen Verhältnisse der Ramification, in Sonderheit der Blüthenstände gut thun, diese principielle Sonderung der Dichasien in der binären Ausbildung der Seitenstrahlen vorauszuschicken: denn offenbar muss das Verzweigungssystem eines *Potamogeton* von dem einer *Radiola millegrana* gerade so getrennt werden, wie sonst Wickel und Schraubel einerseits von Fächel und Sichel andererseits sorgfältig geschieden werden.

Wenn auch nicht im strengsten Sinne hierher gehörig, wird doch für das genauere Verständniss der bei *Potamogeton* obwaltenden Verhältnisse eine Betrachtung der Monochasien, welche aus dem polypedischen Dichasium hervorgehen, erspriesslich sein. Als Kriterien zur Trennung der beiden allein denkbaren Formen hat man zwei Momente benutzt: einmal die Wendung der Verbindungscurve in den Sprossphyllomen und zweitens die Lage des Lateralstrahles zur relativen Hauptaxe.

Man hat schon mehrfach darauf hingewiesen, dass der entgegengesetzte Curvengang der Blätter an den beiden Tochtersprossen, dass die Antidromie derselben eine Folge der Lage beider rechts und links von der Hauptaxe sei. Ich habe versucht, die Anlagebedingungen für die Blätter an den Lateralstrahlen zu ermitteln; aber auch wenn dieselben nicht bekannt sind, müssen sich doch, sobald die Stellung der Blätter durch irgend welche äusseren Verhältnisse beeinflusst wird, die Dispositionen der Phyllome beider Lateralstrahlen in umgekehrter Folge zu einander vollziehen, weil die Anlagebedingungen auf beiden Seiten der Hauptaxe spiegelbildlich gleich sind. Die Begründer der vergleichenden Morphologie legten nun für die Unterscheidung der beiden Formen von Monochasien überhaupt den vorzüglichen Nachdruck darauf, ob der homodrome oder der antidrome Zweig zur Entwicklung gelangte. Die Form, in der nur die homodromen Zweige sich ausbildeten, nannten sie Schraubel, die, in welcher sich allein die antidromen entfalteten, Wickel. Nachträglich bezeichnete man die entsprechenden Dichasien, welche eine Förderung des homodromen Zweiges bemerkbar erkennen liessen, als Dichasien mit Schraubel-, die anderen mit Wickeltendenz.

Später hat ROHRBACH gezeigt, dass bei gewissen Monocotylen Sprossverkettungen vorkommen, die in ihrem Aeusseren durchaus mit den Wickeln übereinstimmen und doch ganz oder theilweise homodrome Zweige besitzen. Er betonte deshalb besonders die Lage der Axe folgender Ordnung zur relativen Hauptaxe, indem er angab, dass in den Wickeln der Seitenstrahl immer abwechselnd rechts und links fällt, während er bei der Schraubel stets die gleiche Ausweichung einhält. Ich habe die von ROHRBACH beobachteten Thatsachen durch die Untersuchungen an dem Blüthenstande von *Hemerocallis* erweitern können und habe versucht, die hier vorkommenden ungewöhnlichen Verhältnisse auf die Anlagebedingungen der Seitenzweige bez. Blüthen zurückzuführen.

Durch die von ROHRBACH festgehaltene Definition der Wickel erwächst ein sehr beherzigenswerther Umstand. Die Wendung der Verbindungscurve wird nämlich bei den Blüthen nicht blos von den

Kelchblättern an bestimmt, sondern auch die Vorblätter werden zu der Beurtheilung des Curvenganges herbeigezogen; ja bei einzelnen Kelchen (den offnen, also nicht deckenden und den valvaten) kann die Wendung der Curve an fertigen Blüthen nur durch die Stellung der Vorblätter ermittelt werden. Ich habe aber in meiner Untersuchung über den Blüthenanschluss gezeigt, dass nicht allein gewisse Kelche und zwar besonders die in der Klammer erwähnten simultan angelegt werden, sondern dass auch unter bestimmten Verhältnissen eine Curve, welche jener genetischen Spirale im Sinne der formalen Morphologie entspricht, nicht construiert werden kann*. Für *Symphytum* habe ich gezeigt, dass manche Blüthen die Kelchblätter von s' an gerechnet in umgekehrtem Curvengange hervorbringen. Bei *Nicotiana* habe ich neuerdings an mehreren Arten wahrgenommen, dass das Kelchblatt, welches theoretisch mit s^5 bezeichnet wird, regelmässig vor s^4 entsteht, und bei *Petunia* ist ein ähnlicher Wechsel in der Ausgliederung häufig zu beobachten. Rechne ich noch hinzu, dass das Vorblatt, welches als das zweite angesehen wird, in gewissen Fällen an einem nach vorn zu abschüssigen Vegetationskegel sicher vor dem angelegt wird, das für eine normale genetische Spirale als das erste bezeichnet werden muss; so kann die ganze Homo- und Antidromie der genetischen Spirale nur gewonnen werden, wenn die Umstellung der Kelchblätter durch Metatopie, die Verspätung der Anlagen durch Retardation »erklärt« werden, d. h. wenn erst die ganze Fülle formaler Correkturen an den Blüthen vorgenommen worden ist, welche den Naturobjekten die erwünschte und für die Theorie nöthige Form gegeben hat. Nehmen wir nun von der Definition, die Braun-Schimper von der Wickel und Schraubel gegeben haben, Abstand und halten wir daran fest, wie Rohrbach beide von einander scheidet, so gewinnen wir den Vortheil, dass für uns alle jene formalen Correkturen hinfällig werden. Homo- und Antidromie** erwachsen dann als eine aus den Stellungsverhältnissen sich ergebende Folge, die aber unter bestimmten und theilweise bereits analysierten,

* In dieser Hinsicht sind die Verhältnisse selbst in einer Familie nicht constant. So erzeugt die Gattung *Blumenbachia* ihre Kelchblätter durchaus simultan, *Loasa* aus derselben Familie die ihrigen succedan in quincuncialer Folge.

** Unter Homo- und Antidromie verstehe ich nun nicht mehr allein die Wendung einer genetischen, z. B. $\frac{2}{5}$ Spirale, sondern den gleich- bez. gegenläufigen Gang jeder Verbindungscurve überhaupt mit entsprechend identischen Abmessungen. Wenn also z. B. bei *Nicotiana* die Kelchblätter nach der häufigsten Stellung in pentameren Blüthen bezeichnet werden und wenn sie immer in der Folge s^1 s^2 s^3 s^5 s^4 entstehen, so können hier auch zwei Blüthen antidrom sein, trotzdem dass der Curvengang bei s^3 umsetzt oder nach dem langen Wege der Blattstellung verfolgt werden muss.

abgeänderten Anlagebedingungen von dem Quincunx oder ähnlichen Verhältnissen abweicht. Ebenso verlieren die Vorblätter an Bedeutung, wir haben weder nöthig, mit ihnen Umstellungen vorzunehmen, noch theoretische Ergänzungen zu üben, wenn dieselben nicht in der vorgeschriebenen Vollzahl vorhanden sind.

Als Irmisch seine so erschöpfenden Untersuchungen über die Verzweigung der *Potamogetonaceae* anstellte, hatte er sich vor allem auch das Ziel gesteckt, »das Gesetz der Homo- und Antidromie an den beiden Zweigen gleichen Grades« jener Dichasien nachzuweisen. Das Resultat dieser Bemühungen hat er in folgende Worte gekleidet*: »Ich muss aber gestehen, dass mir bis jetzt keine Daten entgegengetreten sind, auf die ich mich stützen könnte, um auch hier die Geltung des Gesetzes klar aufzuweisen. Es ist wohl möglich, dass dies später mir oder einem Anderen noch gelingen wird; aber es kann auch sein, dass die Sprosse durchaus homodrom sind und dass dieses Verhalten der dichotomen Zweige als eine unvollkommnere Stufe dem gegenüber, wo sie antidrom sind, angesehen werden muss«.

Da zu jener Zeit der von Buchenau zuerst ausgesprochene Unterschied zwischen Wickel und Schraubel einerseits und Fächel und Sichel andererseits noch nicht gemacht worden war, so musste Irmisch, nachdem er später aus der Stellung von Reserveknospen die ausnahmslose Homodromie der Zweige erschlossen hatte, die Verkettung der Sprosse unter einander als nach den Regeln der Schraubel erfolgend bezeichnen. Die von Buchenau getroffene Sonderung der zwei Hauptkategorien der Monochasien, für die ich die Namen poly- und monopedische in Vorschlag gebracht habe, war ohne Zweifel die wichtigste Förderung der Lehre über die Blüthenstände, welche nach der Begründung derselben gebracht worden war. Er unterschied beide dadurch, dass bei der Sichel die Fortsetzung des Sympodiums durch einen Spross aus dem zweiten, bei der Fächel durch einen aus dem ersten der beiden Primärblätter übernommen wird.

Diese ontogenetische Definition ist offenbar zu eng gefasst und geht alsdann von einer Voraussetzung aus, die nicht immer zutreffend sein muss. Bezüglich des letzten Punktes meinte Buchenau nämlich, dass das erste Blatt jedes Sprosses in einem monopedischen Systeme ein adossiertes Vorblatt sein müsste. Für diese Annahme liegt ein zwingender Grund nicht vor, die Möglichkeit, dass bei einer Monocotyle mit distichen Blattsystemen das erste Blatt eines Lateralstrahles phylloskope Stellung haben kann, ist keineswegs ausgeschlossen. Wenn einem solchen Sprosse ein adossiertes Vorblatt als durch Abort

* Irmisch in Abhandl. des naturw. Vereins zu Halle II. 9.

in Wegfall gerathen hinzugefügt wird, so ist diese Vornahme, wie in den meisten Fällen nur ein Nothbehelf, um das vorschwebende Schema zu gewinnen. Angenommen aber, aus diesem ersten phylloskopen Blatte tritt ein Spross und dieser Verzweigungsmodus setzt sich fort, so ist das Resultat immer eine sichelförmige Sprossverkettung. Das hauptsächliche Moment also, welches die Entstehung einer Sichel bedingt, liegt nicht in der Ziffer, welche das Blatt trägt, aus dem der Lateralstrahl hervortritt, sondern in dem Orte, welchen er einnimmt; bei der Sichel muss derselbe stets phylloskope Stellung haben. Aus dieser Ursache ist es auch ohne Belang, wenn sich noch weitere Blätter einschalten und wenn erst die Achsel eines oberen den Spross erzeugt, welcher die Fortführung der Axe übernimmt. Man hat diesen Blättern eine mindere Bedeutung zugeschrieben, und hat dies auch äusserlich documentiert, indem man sie Zwischenblätter nannte. Die beiden wichtigen waren immer das adossierte Vorblatt und das fertile, welches den Fortsetzungsstrahl stützte. Gemeinlich ist die Zahl der sterilen Blätter constant, wenigstens für eine Art, und deswegen findet man in der Regel an einer Pflanze durchgehends sichelartige Verzweigungsformen, sobald die Bildung dieser Form von Monochasien einmal begonnen hat. Manchmal ist sie aber inconstant und nun kann, wie bei *P. perfoliatus*, der geförderte Spross axoskop fallen und die Sichel mit der Fächel wechseln. Halten wir also vorläufig daran fest, dass jeder Spross in monopedischen Systemen mit einem adossierten Vorblatte beginnt, so müssen wir die Definition dahin erweitern, dass wir sagen, die Sichel wird dann erzeugt, wenn der Lateralstrahl aus dem Blatte f^2, f^4, f^6 f^{2n}, die Fächel, wenn er aus f^1, f^3, f^5 f^{2n+1} hervorbricht. Wir werden aber eine viel knappere, weil von den Blättern abstrahierende Formulierung gewinnen, wenn wir beherzigen, dass bei der sichelartigen Sprossverkettung der Lateralstrahl immer phylloskope, bei der fächelförmigen dagegen axoskope Stellung hat.

Wie verhalten sich nun die successiven Sprosse bezüglich der Wendung des Curvenganges der Blätter? Da in den monopedischen Sprossverkettungen die Blätter distich gestellt sind*, so kann in den Laubsprossen von Homo- und Antidromie keine Rede sein, denn die Divergenz bleibt dieselbe, gleichgültig ob rechts oder links herum von dem einen zu dem folgenden Blatte fortgeschritten wird. Die Rollung der Blattscheiden hängt von der Entstehung der Blätter nicht ab und hat sich Irmisch, der von ihr zur Bestimmung des Curvenganges

* Ich sehe hier von der geringen Dorsiventralität der Blätter, die bei den meisten *Potamogeton*-Arten vorkommt, deshalb ab, weil ich die Lage des grösseren Oeffnungswinkels nicht untersucht habe.

Gebrauch machen wollte, wie vorauszusehen war, inconstant erwiesen. Die Homodromie der aufeinander folgenden Sprosse ermittelte er aus Beiknospen.

Ein bestimmtes Resultat ist dagegen vielleicht von solchen Sprossen monopedischer Natur zu erwarten, welche endlich Phyllomcomplexe erzeugen, deren Stellungen durch eine andere Divergenz, als durch den Bruch $\frac{1}{2}$ ausgedrückt werden. Als Objekte, die für unseren Zweck tauglich erscheinen dürften, können wir die Blüthen der *Juncus*-Arten benutzen, da in den Blüthenständen der Gattung sowohl Fächeln wie Sicheln vorkommen. Diese Blüthen entstehen unter den Bedingungen, dass sie den vorausgehenden Spross als Rückencontakt haben und dass sie auf der Vorderseite von einem Blatte umfasst werden. Die Anlagebedingungen erweisen sich als symmetrisch zu beiden Seiten der Mediane des Blattes gleich vertheilt und aus dieser Ursache entstehen an einem transversal gedehnten, im Querschnitte elliptischen Vegetationskegel zwei Blätter simultan in den Enden der langen Axe. Erst beträchtlich später erscheint nach einer Hebung der vorderen Stirnkante des Primords in der Mediane des Deckblattes ein drittes Blatt. Die Bestimmung eines fixen Curvenganges ist somit, da jedes der Primärblätter als *s'* bezeichnet werden kann, auch nicht möglich und deswegen ist bei monopedischen Dichasien von einer Antidromie oder Homodromie der Lateralstrahlen überhaupt nicht zu sprechen. Die Zahl der Zwischenblätter kommt selbstredend, da sie alle in einer Flucht liegen und da ihre Einschaltung in beliebiger Menge keine Aenderung der Anlagebedingungen herbeiführt, nicht in Betracht und somit können auch bei trimeren Ausgängen der Sprossglieder Fächel und Sichel durch den Curvengang der Phyllome nicht unterschieden werden.

Zu wiederholten Malen hat man den Versuch gemacht, Sichel und Fächel von den polypedischen Monochasien Wickel und Schraubel »abzuleiten«, d. h. durch die Verschiebung der Vorblätter jene auf diese zurückzuführen. Die Resultate waren verschieden: Buchenau hat die Fächel mit der Wickel, die Sichel mit der Schraubel verglichen, Eichler hat umgekehrt die Fächel mit der Schraubel, die Sichel mit der Wickel in Parallele gestellt. Ich selbst habe früher der Buchenau'schen Meinung zugestimmt*, bin aber durch meine seither fortgesetzten Studien anderer Ansicht geworden und glaube nun, dass die beiden Kategorieen nicht mit einander verglichen, d. h. aus einander entstanden gedacht werden können.

Gehen wir von dem Dichasium aus, an welchem die Primär-

* K. Schumann in Sitzungsberichten der Berliner Akademie 1889 p. 555.

blätter zur Mediane des Deckblattes transversale Stellung haben, so vermag eine Transformation des Vegetationskegels aus einem im Querschnitte elliptischen Körper zu einem im Querschnitte kreisförmigen dieselben zu verschieben. Ist die vorzügliche Wachsthumsenergie derart, dass sich der Körper nach vorn zu abrundet, so gelangen die Blätter in axoskope, ist sie derart, dass er sich nach hinten abrundet, so kommen sie zu phylloskoper Convergenz. Niemals aber werden Stellungsveränderungen vorkommen können, welche die Blätter schliesslich in der Weise verrücken, dass das eine nach hinten, das andere nach vorn zu verschoben wird. Indem ich früher noch an die Möglichkeit einer solchen Veränderung glaubte, kam ich dazu, die BUCHENAU'sche Annahme für richtig zu halten. Meine Erfahrungen haben mich aber belehrt, dass zwischen der transversalen und medianen Stellung der Blätter bez. ihrer Achselprodukte intermediäre Dispositionen nicht vorkommen können und dass somit weder die Wickel noch die Schraubel mit der Fächel oder Sichel verglichen werden darf.

Die Ursachen, welche die Bildung mono- oder polypedischer Dichasien resp. Monochasien bedingen, liegen in der Form der Blätter; bei jenen ruft die Ausbildung einer symmetrisch scheidigen Basis die Entwicklung einer distichen Blattstellung hervor, bei diesen bewirkt eine flachere Anheftung der Phyllome die Entstehung eines transversal gedehnten Primords des Achselsprosses und somit die Transversalstellung der Primärblätter.

Bei *Potamogeton* ist nun die Regel, dass der geförderte Spross auf der phylloskopen Seite der relativen Hauptaxe beziehungsweise aus der Achsel des oberen Spathablattes entspringt; nur für *P. pectinatus* und *P. trichoides* finde ich das umgekehrte Verhältniss angegeben; ich war aber nicht im Stande, in unzweifelhafter Weise diese Angabe zu bestätigen. Zur Bildung ausgesprochener Monochasien kommt es in der Gattung nur selten; ich fand sie sehr schön an Sprossen von *P. perfoliatus* und *P. densus*. Bei dem ersteren beobachtete ich vorzugsweise Sicheln und zwar waren dabei nach dem leicht vergänglichen und zur Blüthezeit bereits verschwundenen adossierten Vorblatte gewöhnlich drei Laubblätter vorhanden, aus der Achsel des obersten erschien dann der Lateralstrahl. Derselbe Spross zeigte aber nicht selten auch einen Fächelzweig, indem noch ein viertes Laubblatt sich einschaltete, aus dem erst der Fortsetzungszweig erschien.

Wenn sich der Sprossgipfel dazu anschickt, in eine Inflorescenz aufzugehen, so machen sich an ihm bemerkenswerthe Veränderungen geltend. Lag er nämlich, und dies ist bei den allermeisten Arten der Fall, tief deprimiert zwischen den Blättern (Taf. III, Figg. 17 und 18), die er hervorgebracht hatte, so tritt nun plötzlich ein kräftiges Wachs-

thum ein, das ihn zu einem schlanken, kegelförmigen Körper umgestaltet (Figg. 20 und 22), wenn er früher einer flachen Kugelkalotte glich. *P. perfoliatus* und *P. densus* (Figg. 19 und 21) mit ihren hoch thurmförmigen Sprossgipfeln brauchen diese Transformation nicht erst in dem hohen Maasse durchzumachen. In dem kegelförmigen, schlanken Gebilde sieht man hierauf eine weitere Metamorphose: es schwillt etwa in der Mitte an, rundet sich nach der Spitze zu ab und verjüngt sich am Grunde in einen dünneren Stiel. Auch an der fertigen Inflorescenz und nach der Anthese ist an dem Fruchtstande selbst jene Zusammenziehung in den Stiel deutlich nachweisbar.

In sehr kurzer Zeit beladet sich hierauf die Axe mit Blüthenprimordien (Figg. 20 und 22), welche in lückenlosem Anschlusse gerade aufsteigende Zeilen bilden. Die Zahl und Stellung der Blüthenanlagen ist nicht in allen Arten gleich, im Gegentheil macht sich die grösste Mannigfaltigkeit geltend. Was zunächst die Zahl der Primordien anbetrifft, so ist die kleinste bei *P. densus* gegeben: in dieser Art treten nur zwei einander gegenüberstehende und in die Flucht der Blattdistichieebene fallende Blüthenanlagen hervor (Fig. 25). Bei *P. natans*, *perfoliatus*, *praelongus*, *decipiens* und *alpinus* fand ich abwechselnde Dreier- oder Viererquirle. Die ersteren sah ich auch an *P. gramineus* L. var. *heterophyllus* Fr.; doch giebt Hegelmaier an, der diesen Verhältnissen eine gründliche Untersuchung zu Theil werden liess, dass er bei jener Art decussierte Paare gefunden habe. Die letzteren beobachtete ich selbst bei *P. pectinatus*, *rutilus*, *pusillus*, doch sind sie ohne Zweifel in der Section der *Chloëphylli* noch viel weiter verbreitet, wahrscheinlich sind sie allen Arten dieser Gruppe eigen. Von *P. crispus* sagte Hegelmaier, dass er Blüthenstellungen beobachtet habe, welche sich der $\frac{2}{5}$- und $\frac{3}{8}$-Stellung näherten. Ich habe deutliche Spiralen niemals gesehen, wenn ich auch zuweilen Unregelmässigkeiten in den durch die alternierenden Quirle hervorgebrachten Orthostichen wahrnahm, auf deren Ursachen ich später zurückkommen werde.

Bezüglich des Endes der Inflorescenz walten verschiedene Verhältnisse ob. Nicht selten findet sich in der Section *Chloëphylli*, und ausserdem scheint das häufig bei *P. pectinatus* vorzukommen, jene Besonderheit in dem Blüthenstande, dass die letzten Blüthen der Inflorescenz nicht zur Entwicklung kommen. Sie wird dann während der Anthese und zur Zeit der Fruchtbildung von einem sterilen Faden überragt, an dem Blüthen in unvollkommener Ausbildung sitzen, ein Verhältniss, das ganz dem von mir in den Aehrchen von *Secale*, *Avena*, *Arrhenatherum* u. s. w. nachgewiesenen entspricht. Bei *P. decipiens* fand ich einmal eine kleine, kurze Endigung der Inflorescenzaxe in Gestalt einer hohlen, schwach aufgetriebenen, am Rande undeutlich

vierzähnigen Röhre (Taf. IV, Figg. 3—5). Dieselbe Art zeigte mir sonst gewöhnlich eine Gipfelblüthe, die ich auch an anderen Arten mit Dreier- und Viererwirteln beobachtete, nur bei *P. perfoliatus* konnte ich, so viel Blüthen ich auch untersucht habe, niemals eine Terminalblüthe nachweisen (Taf. IV, Fig. 2). Eine höchst bemerkenswerthe Erscheinung ist, dass diese Endblüthen fast niemals normal gebaut sind. Am häufigsten findet man Abwandlungen nach der Dreizahl (Taf. IV, Fig. 7), ausserdem sah ich zwei- und fünfgliedrige Blüthen (Taf. IV, Figg. 11 und 9); nicht selten kommen neben den abnormen Zahlenverhältnissen noch ungleiche Ausbildungen (Taf. IV, Fig. 9) der Cyklenglieder vor oder die Blüthen werden zwar in ihren Theilen angelegt, entwickeln sich aber nicht bis zur vollen Anthese, manchmal gelangen die Karpiden indes nicht mehr zur Anlage.

Meine Untersuchungen bezüglich der Entwicklungsgeschichte der *Potamogeton*blüthen erstreckten sich auf folgende Arten: *P. natans*, *P. gramineus* var. *heterophyllus*, *decipiens*, *perfoliatus*, *pusillus*, *obtusifolius* und *densus*. Bei der Erlangung des Materiales stand mir Herr K. Scheppig in sehr liebenswürdiger Weise hülfsbereit zur Seite; *P. densus* habe ich durch die freundliche Vermittlung von Herrn Professor Sadebeck von Herrn Dr. Vogt aus Hamburg erhalten. Ich spreche den genannten Herren dafür meinen Dank aus. Leider konnte ich *P. crispus*, der von Hegelmaier untersucht worden ist, nicht prüfen; ich war also nicht im Stande, zu verfolgen, ob die Abweichungen von meinen Beobachtungen über die Ontogenese der Blüthe auf specifischen Eigenheiten jener Pflanze beruhen.

Wenn man die Entwicklungsgeschichte der Blüthen von *Potamogeton* studieren will, so kann man bereits im Anfang des Monats Mai mit den Untersuchungen beginnen. Ich hatte in der ersten Woche des genannten Monats von *P. natans* alle Zustände in überreicher Menge zur Verfügung und glaube, dass Hegelmaier Recht hat, wenn er der Meinung war, dass wenigstens gewisse Arten der Gattung mit der Entwicklung der Blüthenstände bereits im Herbste beginnen und dass der Einbruch des Winters jener ein Ziel setzt. Er fand schon im April in der Umgebung von Stuttgart die Inflorescenzen des *P. crispus* so weit entwickelt, dass sie sich unmöglich in demselben Frühjahre von den ersten Zuständen an hatten ausbilden können.

Andere Arten beginnen indes erst in demselben Jahre mit der Ausgliederung der Inflorescenzen. Diese Wahrnehmung machte ich besonders an den schmalblättrigen Arten der Section *Chloëphylli*. An *P. compressus* und *P. mucronatus* beobachtete ich, dass diese Species durch eigenthümliche vegetative Sprosse überwintern. Ich werde dieselben Hakenzweige nennen. Sie entwickeln sich aus den unteren

Blattachseln der blühenden Zweige und stellen krummstabförmige, kurze Sprosse dar, welche am Grunde in einen harten, scharf zugespitzten Theil auslaufen. Die Reste der Niederblätter verhärten ebenfalls und werden zu Widerhaken ähnlichen Organen, welche verhindern, dass die in dem weichen Boden steckenden Enden der Hakenzweige durch strömendes Wasser aus ihm herausgezogen werden. Wir haben also einen Ankerapparat vor uns, wie er uns in modificierter Form bei anderen Vertretern der Ordnung *Fluviales* wieder begegnet. Anfang Mai ist bei den Arten der *Chloëphylli* von einer Inflorescenzanlage nichts zu sehen; vor dem Juni kann man die ersten Zustände der Blüthenstandsanlagen nicht erwarten.

Nach meinen Erfahrungen schliessen sich die Arten aus der Verwandtschaft von *P. lucens*, wie *P. decipiens*, ferner *P. gramineus* und *P. perfoliatus* an die *Chloëphylli* an, und auch *P. densus* scheint erst im Sommersanfang seine Blüthenstände auszubilden.

Der Vegetationskegel aller Arten von *Potamogeton* mit Ausnahme von *P. perfoliatus* und *P. densus* ist im Querschnitte elliptisch. Wenn die von mir oben geschilderte Transformation sich vollzieht, die schliesslich jenen hoch thurmförmigen Kegel erzeugt, so geht das vermehrte Wachsthum, durch das ein im Querschnitt kreisförmiger Sprossscheitel entsteht, hauptsächlich nach der Richtung vor sich, wo die dorsiventral gestellten Blätter den grösseren Oeffnungswinkel haben. Der Erfolg dieses Processes ist eine stärkere Convergenz der Blätter nach der Seite des kleineren Oeffnungswinkels zu. Hat der Sprossgipfel die von mir oben geschilderte, an der Basis etwas verjüngte, keulen- oder tonnenförmig angeschwollene Gestalt angenommen, so erscheinen an dem oberen Ende des sich verjüngenden Stieles bei *P. natans* zwei kreisförmig umrissene Blüthenprimordien. Ihre Stellung ist stets zwischen den beiden Achselprodukten (Taf. III, Fig. 20) der letzten oder Spathablätter, sie stehen einander also gegenüber. Die benachbarten Plätze in gleicher Insertionshöhe können mit Blüthenprimordien nicht belegt werden, weil der Raum von den beiden Achselprodukten der Spathenblätter eingenommen wird. Diese Thatsache erklärt die eigenthümliche Erscheinung, dass die untere Region der Inflorescenz von *P. natans*, und das gleiche gilt von *P. decipiens* und *perfoliatus*, nur ein Blüthenpaar aufweist, während weiter oben die Axe auf einem Querschnittselemente drei oder vier Primordien trägt.

Genaue Messungen der Primordiendurchmesser an allen von mir untersuchten Arten mit Ausnahme von *P. densus*, bei dem ich die geeigneten Zustände nicht auffand, ergaben im Augenblicke des Hervortauchens aus der Axe 0,11—0,12 mm. Die Constanz dieser Grösse war eine überraschende. Wechselnd dagegen war der Umfang der

Inflorescenzaxe: er schwankte zwischen 0,45 und 1,01 mm. Da sich nun in dem oberen angeschwollenen Theile der Axe die Primordien in den gebotenen Raum unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Primordien als Contaktkörper theilen, so geht daraus hervor, dass die Zahl der Wirtelglieder abhängig ist von der Grösse des Umfanges der Inflorescenzaxe.

Wenn nun die einzelnen Primordien jedes Wirtels sich lückenlos berührten, so würde die Zahl der Glieder dadurch bestimmt werden, dass der Umfang des Sprossgipfels, ausgedrückt in Millimetern, durch 0,11 dividiert würde. Wie aber ein Blick auf Taf. III, Fig. 22, die eine Inflorescenzanlage von *P. decipiens* darstellt, zeigt, ist dies nicht der Fall, denn die mit fl' bezeichneten zwei Primordien gehören einem einzigen Wirtel an, sie werden aber von einander getrennt durch die Blüthenanlagen p und fl^u, von denen die erste ein Glied des nächst höheren, die letztere ein Glied des nächst niederen Quirles ausmacht. Mit Hülfe einer einfachen arithmetischen Operation ist man leicht im Stande, die Räume zu berechnen, welche unter der Voraussetzung gleicher Radien der Primordien noch in Anschlag zu bringen sind, wenn man aus dem gegebenen Umfange der Axe und dem Durchmesser der Primordien die Zahl der Quirlglieder ermitteln will.

Ist nun der Umfang des Kegels an der Insertionszone der neuen Blüthenprimordien grösser oder kleiner, als erforderlich ist, damit die Primordien von constantem Querschnitte darauf gerade Platz haben, haben, so kann eine Verschiebung der Wirtelglieder nach oben oder unten aus der Horizontalen eintreten. Die Folge davon ist, dass die Orthostichen eine Neigung erhalten und dass diejenigen Stellungen resultieren, welche spiralig genannt worden sind. Ich habe solche sehr geringe Abweichungen von der Geraden auch beobachtet und in der von mir wiedergegebenen Zeichnung der Inflorescenz von *P. decipiens* bemerkt man ebenfalls ein wenig von der Abweichung; indes sind mir doch die von Hegelmaier angegebenen Dispositionen nach $\frac{2}{5}$ oder $\frac{3}{8}$ nicht begegnet.

Während bei den *Potamogeton*-Arten mit kräftigen Inflorescenzkegeln ein Wechsel in der Zahl der Quirlglieder nach der Dreier- und Viererzahl vorkommt, herrscht bei den zarteren Arten eine durchgehende Festigkeit in den Maassen des Durchmessers und damit im Zusammenhange eine auffallende Constanz der Zeilenzahl; ich habe niemals andere Verhältnisse gesehen, als die Decussation der Blüthenpaare. Ebenso fand ich bei *P. densus* stets nur zwei Blüthen, die sich genau in den ganzen Kegel getheilt hatten (Taf. III, Fig. 25), hier beanspruchte aber im Gegensatz zu den meisten Arten die erste

Blüthe die auf das untere Blatt zugekehrte Hälfte, die andere die gegenüberliegende des Vegetationskegels, beide Primordien standen also nicht in Kreuzstellung mit den Blättern. Von dem Scheitel selbst war kein Rest eines Platzes übrig geblieben.

Die Form des Vegetationskegels ist noch von weiterem Einflusse auf die Natur der Inflorescenz. Bei einigen Arten ist nämlich der Scheitel breit und flach, bei anderen sehr eng und spitz. Das letztere ist in Sonderheit der Fall bei allen schmalblättrigen Arten mit dünner Inflorescenzaxe, das erste bei den kräftigeren Vegetationskegeln, welche den Mantel mit mehr als vier Geradzeilen von Blüthen besetzen.

Der Raum, welcher an der Spitze übrig bleibt, nachdem sich die Flanken mit Blüthen beladen haben, wird, falls er die erforderliche Fläche von 0,11—0,12 mm bietet, mit einem Blüthenprimord belegt; genügt er aber der Anforderung nicht, ist er kleiner, so bleibt das Erscheinen einer Gipfelblüthe aus. Letzteres ist unter den Arten mit kräftigen Spindeln ausnahmslos der Fall bei *P. perfoliatus* (Taf. IV, Fig. 2): der Vegetationskegel dieser Pflanze bietet zwar zwischen den obersten Anlagen noch eine freie Scheitelfläche, der Raum ist aber zu klein, als dass noch ein Primord sich einschalten kann, und aus dieser Ursache wird trotzdem, dass der Blüthenstand sehr kräftig ist, nach meinen Erfahrungen niemals eine Gipfelblüthe gefunden.

Umgekehrt habe ich bei *P. decipiens*, und wahrscheinlich zeigt der nahe verwandte *P. lucens* ganz dieselbe Erscheinung, so viel ich mich erinnere, niemals die Gipfelblüthe vermisst. Auch *P. natans* hat nicht selten ebenfalls Gipfelblüthen. Wenn die Wirtel sehr regelmässig bleiben, d. h. wenn keine Störungen in den Insertionshöhen der Wirtelglieder auftreten, so wird der Sprossscheitel je nach der Zeilenzahl entweder von drei oder von vier Blüthenprimordien berührt werden. Ich habe in Taf. IV, Fig. 8 ein solches Contaktbild der ersten Art wiedergegeben, das *P. natans* entnommen ist und welches sehr schön zeigt, wie der Contakt der drei Primordien bewirkt, dass sich der Vegetationskegel in die Lücken zwischen den Körpern hineinzieht. Offenbar bereitet sich hier die Anlage einer jener nicht seltenen trimeren Gipfelblüthen vor, von denen ich eine weiter entwickelte in Fig. 7 dargestellt habe. Kleine Differenzen in der Höhe der Insertion scheinen überaus häufig zu sein; sie geben sich auch an dem Primord in Fig. 8 kund, denn ich habe ganz scharf beobachten können, dass die Lappung des Vegetationskegels an der einen Ecke viel weniger weit gediehen war, als an den beiden anderen.

Eine ähnliche ungleich hohe Insertion eines letzten Blüthenvierlings muss bei dem Blüthenstande vorgelegen haben, dessen Scheitel von mir in Taf. IV, Fig. 11 abgezeichnet wurde, denn die Gipfelblüthe

ist in dem aus Viererwirteln aufgebauten Blüthensystem zweigliedrig Diese Thatsache geht nothwendig daraus hervor, dass sich ihre Glieder im Contakte mit den in der Fig. 11 oben und unten gestellten Blüthen decussiert über die Blüthen rechts und links gestellt haben. Zuweilen habe ich auch viergliedrige Terminalblüthen gesehen, welche regelmässig die Inflorescenzen von Viererwirteln beschlossen. Ich habe aber unter allen von mir graphisch fixierten keine einzige wahrgenommen, die nicht mit irgend einem kleinen Mangel behaftet wäre: bald ist ein monothecisches Staubgefäss im Andröceum, bald fehlt ein Karpid und fast immer ist die Contour der ganzen Blüthe mehr oder weniger verzerrt.

Ein noch auffallenderes Zeugniss für die ungleiche Höhe, mit der die Geradzeilen an den Scheitel heranreichen, legt die Blüthe ab, die in Fig. 9 von oben, in Fig. 10 von der Seite gesehen abgezeichnet wurde. Sie ist im Contakte mit 5 Seitenblüthenprimordien pentamer geworden. Von den fünf Gliedern, welche die Hülle und das davor stehende Andröceum zusammensetzen, ist aber das mit *S* bezeichnete in der Ausbildung sehr kümmerlich weggekommen. Ohne Zweifel wird dies Staubgefäss monothecisch bleiben, denn die Primordien der übrigen sind bereits in zwei Parzellen zerfallen, welche sich später zu Theken ausbilden. Wie unregelmässig die Ausgliederung der Gynäcealelemente sich vollzieht, ist ebenfalls hier deutlich ausgeprägt.

Ich habe wohl zuerst darauf hingewiesen, dass sich im Allgemeinen die Gipfelblüthen in racemösen Inflorescenzen nicht blos früher entwickeln und früher zur Blüthe gelangen, sondern dass sie auch vor den oberen Seitenblüthen angelegt werden. Diese Thatsache hat mich wiederholt beschäftigt, da sie eine Durchbrechung der sonst an den Sprossen gewöhnlich eingehaltenen akropetalen Folge zum Ausdrucke zu bringen schien. Die Krönung eines Systemes durch eine relativ grosse Gipfelblüthe macht auch an weiter ausgebildeten Inflorescenzen stets einen eigenthümlichen Eindruck, dem sich Niemand bei der Betrachtung entziehen kann. So sonderbar und den meisten Erfahrungen widersprechend diese Wahrnehmung auch sein mag, so ist dieselbe doch naturnothwendig und unschwer zu erklären. Stellen wir uns eine werdende Inflorescenz von *Ruta*, *Menyanthes*, *Chelidonium* oder *Acer* vor, sämmtlich Pflanzen, deren Blüthenstände durch eine Gipfelblüthe abgeschlossen werden. An einer mehr oder minder verlängerten Axe, bei den meisten von gestreckter Kegelform, bilden sich Blätter in normal spiraler Folge oder in Wirteln aus. Die Primordien sämmtlicher Seitenblüthen erscheinen als Produkte aus den Achseln dieser Blätter; die obersten jener Blattanlagen aber gehen unmittelbar in Blüthenphyllome über. Es ist nun evident, dass, sobald

die weitere Ausbildung der Inflorescenz gleichmässig fortschreitet, die Gipfelblüthe um ein gewisses Maass in der Entwicklung voran sein muss. Sie wird nämlich der Ausbildung nach um so viel gegenüber den benachbarten Seitenblüthen vorauseilen, als die Zeit beträgt, welche verstreicht, damit aus der Achsel ein Blüthenprimord entsteht und an diesem die Kelchblätter sich ausgliedern. Nur diejenigen Blüthen also werden vor der Gipfelblüthe sich entfalten, die bereits den Kelch besitzen, wenn die letzten Blätter an der Spitze des Kegels erscheinen. Alle zwischenliegenden Blüthen werden gradweise in der Entwicklung nach der Spitze zu abnehmen und auch später aufblühen, als die Gipfelblüthe, denn gewöhnlich stehen Ausbildung und Aufblühzeit in direktem Zusammenhange.

Die mit Gipfelblüthen versehenen Inflorescenzen von *Potamogeton* sind, wie ich oben gezeigt zu haben glaube, ein vortreffliches Beispiel dafür, dass die Form derselben nicht bedingt wird durch eine immanente Idee, durch einen inhärenten Bauplan, sondern nur durch den Contakt mit den benachbarten Blüthenprimordien. Die Zahl, Grösse und Entstehungsfolge der Organe wird bestimmt durch die den Scheitel berührenden Seitenblüthen, unter ihrem Einflusse bilden sich zwei-, drei-, vier-, fünfgliedrige Blüthen, dass aber der Contakt allein die bedingende Ursache für die Gestaltgebung ist, kann bei dem lückenlosen Anschlusse an die unteren Blüthen keinem Zweifel unterworfen sein. Hätte die immanente Idee die Macht, welche ihr von vielen Seiten zugeschrieben wird, die Gestalt der Blüthe zu regulieren, so müssten die Gipfelblüthen die normale Form der tetrameren *Potamogeton*blüthen ebenso gut zum Ausdrucke bringen, wie die Seitenblüthen. Die Thatsache, auf die ich aber schon früher hingewiesen habe, dass nämlich die sich entwickelnden Neubildungen an einem Primord auf die Umgebung keine Stösse auszuüben vermögen, sondern dass sie sich in die durch die Contakte gebotenen Räume einschmiegen, wird wieder auf das Glänzendste durch diese Gipfelblüthen belegt. Dass die übrigen charakteristischen Besonderheiten der Gattung *Potamogeton* bei den Gipfelblüthen nicht vermisst werden, kann nicht verwundern, da ihr Aufbau von den soeben betrachteten Contakten unberührt bleibt.

Ich gehe nunmehr zur Schilderung der Blüthenentwicklung, in Sonderheit derjenigen über, welche den Kegelmantel besetzen. In Taf. III, Fig. 22, von *P. decipiens* genommen, haben wir einen Kegel vor uns, der sich mit den kreisförmigen Scheibchen, welche die Blüthenprimordien anfänglich darstellen, so weit beladen hat, dass nur noch der Scheitel und der unmittelbar darunter gelegene Theil frei davon ist. Wenn ein Kreis von Kreisen gleichen Durchmessers

so berührt wird, dass sich auch die umgebenden Kreise unter einander berühren, so tangieren ihn bekanntlich sechs Kreise. Dieses Verhältniss ist an der mitgetheilten Zeichnung schön zu sehen: das Primord *p*, welches die Aufmerksamkeit noch ferner in Anspruch nehmen wird, hat unten das Primord fl^u, oben fl^0 zu Nachbarn, seitlich wird es berührt von zwei Primordien, die mit *fl* bezeichnet sind, und von zwei anderen, welche das Zeichen *fl'* tragen.

Durch das Längen- und Dickenwachsthum in der Axe machen sich nun Bewegungen in der Nachbarschaft des Primords *p* bemerklich, welche Lücken erzeugen würden, falls dieselben nicht ausgefüllt würden durch Organe, welche ihren Ursprung aus dem Primord *p* nehmen. Da der lückenlose Verband zwischen den genannten Primordien vollkommen erhalten bleibt*, so können wir die Ausgliederung der Phyllome als Indikatoren für die durch das Wachsthum bedingten Bewegungen benutzen.

Das erste Zeichen einer Veränderung in dem Büthenprimordium geschieht dadurch, dass sich nach der Basis zu ein sehr kleines Läppchen ausscheidet (Taf. III, Fig. 23, die oberste Blüthenanlage): ein Beweis, dass zunächst in der Axe eine Längsdehnung stattfindet. Hierauf treten an dem gerundet rhombischen Primord rechts und links zwischen *fl* und *fl'* in Fig. 22 auf beiden Seiten zwei Läppchen hervor, welche dafür sprechen, dass die Primordien *fl* und *fl'* nun durch die Längsdehnung des Kegels von einander entfernt worden sind und so den Raum geschaffen haben, der den Transversallappen Platz für ihre Aufstellung bietet (Fig. 23, die zweite Reihe). Die unten zuerst beginnende, sich dann auf die Mitte der Insertionsfläche jedes Primords fortpflanzende Wachsthumszunahme der Axe ergreift endlich die Nachbarschaft im oberen Theile von *p* und entfernt fl^0 von ihm; der Erfolg ist, dass sich in den Raum, der hierdurch frei werden würde, sogleich das Primord *p* hineinzieht und hierdurch ein viertes Phyllom erzeugt (Fig. 23 *fl*). Auf diese Weise sind in aufsteigender Reihe die ersten Ausgliederungen entstanden.

Nur um die Blüthenprimordien, welche in Geradzeilen gestellt sind, können sich die Bewegungen in der geschilderten Weise mit symmetrischer Vertheilung der Energie zur Mediane des Primords *p* vollziehen, ohne dass Krümmungen des Kegels zu Stande kommen. Anderseits kann auch die Umkehrung gemacht werden, die heisst:

* Die in Fig. 23 zwischen den Primordien bemerkbaren kleinen Klüfte sind dadurch entstanden, dass ich einen Theil der Inflorescenz mit dem Messer von der Spindel abgetragen habe. Die in dem System herrschende Transversalspannung bewirkte eine Krümmung der Oberfläche und somit eine Lösung der Blüthen aus ihrer engen Berührung.

Wenn auf einem geraden mit gleichmässig abnehmender Wachsthumsenergie an Länge zunehmenden Kegel die Blüthenprimordien in Geradzeilen gestellt sind, so müssen die Bewegungen der Primordien um ein Primord *p* stets die gleichen sein. Da nun meiner Behauptung nach die Art der Ausgliederung der Blätter von jenen Bewegungen bedingt wird, so müssen die Blüthen in allen geradzeiligen Inflorescenzen im ersten Cyklus viergliedrig sein. Mir sind von Pflanzen mit geradzeiligen Inflorescenzen bekannt ausser *Potamogeton* die ganze Gruppe der *Carludoviceae* mit den Gattungen *Carludovica*, *Evodianthus*, *Sarcinanthus* und *Ludovia*, von den hermaphroditen *Araceae* eine nicht geringe Zahl von Gattungen (*Orontium*, *Zamioculcas*, *Anthurium*, *Acorus* etc.) und die kleine monotype Gattung *Lilaea:* bei allen stehen die vier ersten Blätter einer Blüthe in einem senkrechten Kreuz und bilden sich aufsteigend aus, so dass zuerst das untere Phyllom, dann die zwei mittleren, endlich das obere Phyllom sich entwickeln*.

Halten wir uns nun das Bild vor Augen, welches entsteht, wenn die Blüthen in Parastichen schräg aufsteigend angeordnet sind, wie ich den Vorgang an *Triglochin* verfolgt habe, so wird der Schluss nicht zurückzuweisen sein, dass die Stellung der Primordien in Geradzeilen die direkte Ursache ist für die Ausgliederung der ersten vier Phyllome in der Anordnung eines senkrechten Kreuzes.

Meine Darstellung über die Entwicklung der *Potamogeton*blüthe weicht von derjenigen, die HEGELMAIER bis hierher gegeben hat, in einem sehr wichtigen Punkte ab. Er meinte, dass die ersten Blattorgane die transversalen seien und dass nach ihnen das mediane Paar mit simultanem Auftreten beider Elemente erschiene. Ehe ich aber auf die Diskussion dieser Frage eingehe, will ich die Aufmerksamkeit nochmals auf eine Blüthe lenken, die sich wie *fl* in Taf. III, Fig. 23 als ein Körper mit vier Phyllomen versehen darstellt. Kippen wir denselben nämlich ein wenig über, so dass wir unter ihn sehen, so bemerken wir ein kleines kropfartiges oder ein wie eine Unterkehle sich gegen ein Kinn stemmendes Gebilde (Taf. III, Fig. 23 und 24 *kr.*).

Dieser Körper ist HEGELMAIER und allen Systematikern, die sich mit der Gattung befasst haben, bisher entgangen und doch ist er für die morphologische Natur der Blüthe von grosser Bedeutung. Wir haben hier das Rudiment eines Deckblattes vor uns, welches der Schwiele der *Gramineen*ährchen an die Seite zu setzen ist, das ich in ebenfalls hochgradig reducierter Form bei *Acer* nachgewiesen und auf

* Ich habe ausdrücklich gesagt und betone dies nochmals, dass nur die ersten vier entwickelten Blätter im Kreuz gestellt sind, ich behaupte nicht, dass alle Blüthen viergliedrig sind; ich komme bei *Lilaea* nochmals auf diese Angelegenheit zurück und werde dort die trimere Blüthe von *Acorus* beleuchten.

das ich auch bei *Adoxa** aufmerksam gemacht habe. Aus der Wahrnehmung, dass ein Deckblattrudiment bei allen den erwähnten Gewächsen vorkommt, wird die andere leicht verständlich, dass nämlich zuweilen wohl entwickelte Deckblätter an sämmtlichen Blüthen gefunden werden. Was speciell die uns hier beschäftigende Gattung anbetrifft, so habe ich mich überzeugt, dass dieses Gebilde bei *P. pectinatus* gar nicht selten zu beträchtlicher Grösse heranwächst.

Wann entsteht nun dieses Blatt? Nach ganz allgemeinen Betrachtungen über die Anlagebedingungen der Blüthenphyllome an kreisförmig umrissenen Primordien schien mir die Hegelmaier'sche Annahme dass die ersten Blätter bei *Potamogeton* transversal entständen, unmöglich richtig zu sein; ich achtete also in allererster Linie sehr genau darauf, welches Blatt zuerst sichtbar wurde, und fand dann auch, wie ich oben erwähnte, einen kleinen Saum auf der basiskopen Seite des Primords. Dieses Körperchen wird aber sehr bald überragt von einer basalen Wucherung des Primords, welche sich über ihn hinwegschiebt und ihn so verdeckt, dass er einzig und allein auffällt, wenn das Primord gekantet wird. Auf dieser superponierten Wucherung entsteht dann ein neues Läppchen etwa in der Zeit, wo sich das vierte der Primärblätter am acroskospen Ende des Primords ausgliedert (Taf. III, Fig. 24) und so konnte unter Vernachlässigung des ersten Blattes, des schmalen Rudimentes eines Deckblattes, bei Hegelmaier leicht die Vorstellung entstehen, dass die ersten vier Blätter sich entwickelten als zwei decussierte, in senkrechtem Kreuze aufgestellte Paare, von denen das transversale das erste war.

Die nun folgenden Primordien der Staubgefässe treten vor die vier Elemente der Blüthenhülle** und zwar gewöhnlich simultan, obschon ich zuweilen eine merkliche Retardation in der Entstehung des acroskopen Andröcealgliedes sah (Taf. IV, Fig. 12 bei *R*). Demgemäss stehen diese Körper superponiert über den vorausgehenden Phyllomen. Die Superposition von Organen ist unter zwei Verhältnissen möglich, entweder nämlich, wenn die vorausgehenden Organe sehr kleine periphere Theile des Primords einnehmen, oder wenn sich jene kappenförmig wölben und wenn sich dann der Blüthenboden in die gebotenen Hohlräume hineinlappt. In der vorliegenden Blüthe beobachten wir das erste Verhältniss: die grossen ellipsoidisch geformten Primordien der Andröcealglieder übertreffen die Anlage der Hüllelemente um das

* s. oben pag. 109 und 115.

** Ich wähle diesen indifferenten Ausdruck, weil die Meinungen der Botaniker über die morphologische Natur dieses Gebildes controvers sind; ich komme später auf die theoretische Deutung desselben zurück.

vielfache. Bald nachdem sie entstanden sind, bemerken wir an ihnen eine Parzellierung durch eine in der kurzen Axe des Ellipsoids verlaufende Furche. Wie das Auftreten derselben abhängig ist von der Gestalt, wird recht klar dadurch, dass die Furchung bei unregelmässig geformten Blüthen (Taf. IV, Fig. 9 *S*) entweder ganz unterbleibt oder erst auftritt, nachdem das Primord durch transversale Dehnung die elliptische Querschnittsform gewonnen hat (vergl. das rechts gelegene Staubblattprimord, wo die Furchung eben beginnt, mit einem der unteren beiden). Die Spaltung tritt, wie ich früher bereits bei der Besprechung von *Polygonum* und den *Capparidaceen* gezeigt habe, ein, sobald die Abmessung der Tiefe des Primords dividiert in die lange Axe 2 giebt.

Die Karpiden haben ohne Zweifel, wie ein Blick auf die betreffenden Figuren (Taf. IV, Figg. 1 und 7) zeigt, den besten Platz in den Ecken des subquadratischen Raumes, welcher von den Primordien der Andröcealglieder umgrenzt wird; sie erscheinen alle zu gleicher Zeit, wenigstens war ich nicht im Stande, eine Differenz in der Entstehung irgendwie nachzuweisen.

Die Gipfelblüthen werden, welches auch die Zahl sein mag, nach der sie in den Cyklengliedern geordnet sind, in derselben Weise ausgebildet, wie die Seitenblüthen. Die sich aus diesen Varianten ergebenden Ausblicke auf die formale Deutung der *Potamogeton*blüthe werden uns unten noch weiter beschäftigen. Wir werden aber auf diese theoretische Seite unserer Betrachtung nicht eher mit Vortheil eingehen können, als bis wir die Blüthenmorphologie der zweiten Gattung gründlich kennen gelernt haben, und ich schicke deshalb die Schilderung von *Ruppia* voraus.

Im Gegensatz, nicht blos zu der Mannigfaltigkeit der Zahlenverhältnisse, sondern auch der Verschiedenheit bezüglich der Blüthenstände, welche die Gattung *Potamogeton* bietet, herrscht in der Gattung *Ruppia* eine solche Uniformität des Baues, dass im Verein mit den gleichartigen vegetativen Merkmalen nur eine einzige Art festgehalten werden kann. Man hat zwar nach der Länge der Blüthenstiele und danach, ob dieselben stets gerade oder später spiral aufgerollt sind, nach der Länge der Karpidstützen und nach der Gestalt der Früchte, sowie nach der Breite der schmalen, grasartigen Blätter mehrere Arten beschrieben (*R. maritima* Linn. sens. strict., *R. rostellata* Koch, *R. brachypus* G., *R. Drepanensis* Tineo); ich habe mich aber nach gewissenhafter Prüfung eines sehr umfangreichen, aus allen Theilen der Erde zusammengetragenen Materiales überzeugt, dass man höchstens von Varietäten oder besser noch nur von Formen einer einzigen Art sprechen sollte. Die Variation in der Zahl der Karpiden, die auch

gelegentlich bei *Potamogeton pusillus* angetroffen wird, ist selbst an einem Stocke so gross, dass auf sie hin Artunterscheidungen nicht getroffen werden können.

Wenn man sich eine Vorstellung von der Beschaffenheit des Blüthenstandes der *Ruppia maritima* machen will, so thut man am besten, sich eine noch nicht völlig entwickelte Inflorescenz zu betrachten, in deren Blüthen die Staubbeutel noch nicht geöffnet und die Narbenblätter noch nicht entwickelt sind. Ich habe derartige Inflorescenzen in Taf. IV, Figg. 26—29 abgebildet. Sind später die Antheren aufgeplatzt, wobei sie sich durch einen quer verlaufenden Spalt öffnen, so schlagen sich die häutigen Klappen nach oben und unten und verdecken die übrigen Organe zum Theil. Ueberdies fallen dann die Beutel leicht ab. Die grossen Narbenblätter bringen ausserdem eine wesentliche Beeinträchtigung des klaren Ueberblicks hervor. An den von mir mitgetheilten Figuren dagegen kann man alle Verhältnisse leicht und bequem überschauen.

Die Inflorescenz wird zusammengesetzt aus zwei in ungleicher Höhe an der Spindel inserierten Blüthen, die gleichsinnig mit den vorausgehenden zwei Blättern gestellt sind. Jede derselben besteht aus zwei Staubgefässen st^o und st^u in Fig. 30, deren Hälften durch das Connectivende *C* verbunden werden. Zwischen den Antherenhälften liegen die im orthogonalen Kreuz gestellten Karpiden, deren Normalzahl 4 in den meisten von mir dargestellten Blüthen um 1—3 vermehrt ist. Nachdem ich diese vorläufige Orientierung über die Blüthe vorausgeschickt habe, eine Vornahme, die mir um so nöthiger erschien, als die richtigen Verhältnisse nicht allgemein bekannt sind, will ich zur Entwicklungsgeschichte der Pflanze übergehen.

Ich vermochte sie an vortrefflich hierzu geeignetem Materiale zu untersuchen, das ich der freundlichen Bereitwilligkeit des Herrn Professor Leimbach in Arnstadt-Thüringen verdanke; ich spreche ihm nochmals an dieser Stelle meinen besten Dank dafür aus. Die Ontogenese der Blüthe ist von derjenigen durchaus verschieden, die ich an *Potamogeton* geschildert habe, und verdient die höchste Beachtung, weil auch sie ein interessantes Licht auf jene Vorstellung wirft, die man mit dem Namen »Bauplan« belegt hat. Dass *Ruppia* und *Potamogeton* durch die Verwandtschaft nahe mit einander verknüpft sind, dürfte zufolge der ausserordentlichen Uebereinstimmung so vieler Charaktere im höchsten Grade wahrscheinlich sein, um so mehr wird der Beobachter betroffen sein, wenn er in dem reellen Aufbau der Blüthen ganz ungewöhnliche Verschiedenheiten wahrnimmt.

Die schmalblättrige Pflanze derjenigen Form, welche man auch als eigene Art *Ruppia rostellata* benannt hat, ist ein auf dem Boden

salzhaltiger Gewässer des Binnenlandes und der See kriechendes Gewächs, das aus einer fadenförmigen Grundaxe eine grosse Anzahl aufrechter Zweige treibt. Diese stellen den Abschluss einer jeweiligen Hauptaxe dar: jeder Spross beginnt mit einem adossierten Vorblatte, das später an der horizontal gelegenen Axe zenithwärts gestellt ist. Es ist von Niederblattnatur und hat keine Spreite, in seiner Achsel ist eine Knospe nicht angelegt. Diese erscheint vielmehr erst in der Achsel des zweiten laubigen Blattes und sie ist bestimmt, das Sprosssystem fortzusetzen, d. h. während die Hauptaxe sich nach oben wendet, strebt sie nach dem Boden des Gewässers, legt wieder ein adossiertes Vorblatt an, bringt dann abermals ein laubiges Blatt hervor, in dessen Achsel ein Spross folgenden Grades sich bildet, wendet sich gleichfalls nach oben, und so geht der Prozess unbegrenzt fort. An jedem Knoten wird eine Wurzel erzeugt, welche das Rhizom am Boden festheftet. Da nun das erste Internodium jedes Sprosses, das zwischen Deckblatt und adossiertem Vorblatt nicht gedehnt ist, so bleibt dieses dort sitzen, wo der Spross nach den zwei Primärblättern sich nach oben biegt, und dies ist die Ursache, dass *Ruppia* scheinbar aus jedem Knoten der gegliederten einheitlichen Grundaxe einen Ast abgiebt. Das adossierte Vorblatt liegt in der Mediane des Deckblattes und das erste Laubblatt ihm gegenüber, deswegen fallen in jedem Exemplare von *Ruppia* alle Blätter in eine Ebene.

Aus der von mir gegebenen Darstellung geht hervor, dass die fadenförmige Grundaxe ebenfalls ein Sympodium ist, und weil die Fortführung des Systems immer durch den Zweig aus dem phylloskop gestellten Blatte sich vollzieht, so kann das Sympodium nur eine Wickel oder Fächel sein; sie entspricht der letzterwähnten Form, weil die Verzweigungen ein monopedisches System darstellen. Nachdem sich jedes Glied des Sympodiums aufgerichtet hat, bringt es gewöhnlich noch 4 Laubblätter hervor; sie sind mit einer scheidigen Basis versehen, die sich unmittelbar an die Flanken des Blattes ansetzt. Diese Thatsache erzeugt eine gewisse Aehnlichkeit der Pflanze mit *Potamogeton pectinatus*. Die Scheidenränder übergreifen sich mit den freien Flanken. Aus den Achseln aller vier Blätter entwickeln sich Seitenstrahlen, die sich gerade so verhalten, wie die aufrechten Sympodialstücke, d. h. sie erzeugen vier Blätter, aus deren Achseln wiederum Seitenstrahlen entspringen. Nachdem jede Axe diese vier Laubblätter entwickelt hat, geht sie in einen Blüthenstand auf, der aus zwei Blüthen besteht. Sie sind in derselben Ebene an der Axe befestigt, in der die Blätter disponiert sind (Taf. IV, Fig. 15). Die eine steht regelmässig höher, als die andere, und zwar ist diejenige die obere, welche auf der Seite des

letzten Blattes sich befindet (*fl'* über *f'*). Dieses hat ebenso wie das vorletzte eine etwas grössere Scheide als die übrigen Blätter, die letzteren sind auch heller gefärbt und markieren deutlich an der lebenden Pflanze die Stellen, an denen Blüthenstände zu suchen sind. Beide werden ebenfalls als Spathablätter bezeichnet.

Während der Spross seine letzten vier Laubblätter hervorbringt, ist der Vegetationskegel verhältnissmässig niedrig; er ist in der Richtung senkrecht zu den Blattmedianen ziemlich stark zusammengedrückt und im Längsschnitte fast halbkreisförmig. Die Blätter entstehen als Ringwälle, die von einer höchsten Stelle auf der einen Flachseite sanft nach der anderen, den Vegetationskegel umgreifend, abfallen, und oberhalb dieser tiefsten Stelle an der Axe zwischen den Scheidenrändern tritt dann das folgende Blatt hervor. Die distiche Stellung wird also durch Umfassung der Axe bedingt. Die Scheidenränder bleiben nun im Wachsthum gegen die Mitte der Blattanlage erheblich zurück und dort, wo die Blattspreite in die Scheide übergeht, erhebt sich bald jederseits der ersteren je ein linearer Körper, die *squamulae intravaginales*. Nicht minder entsteht sehr schnell ein Achselprodukt aus dem Blattachselgrunde. Die Sprossanlagen aus den beiden Spathablättern üben nun auf die Stellung der Blüthen an der Axe einen wichtigen Einfluss aus.

Nachdem nämlich die letzten Blätter von dem Vegetationskegel ausgegliedert sind, verdickt er sich und erhebt sich hoch über die beiden Spathablätter (Fig. 14). Von den beiden Knospen in deren Achseln ist, wie gewöhnlich bei den *Potamogetonaceen*, die aus dem oberen Blatte die geförderte (Fig. 15). Sie ragt ziemlich hoch, etwa bis zur Mitte an dem Vegetationskegel in die Höhe, ist diesem eng angeschmiegt und verhindert, wie Figg. 14 und 15 zeigen, dass auf dieser Seite eine Neubildung in der tieferen Region des Vegetationskegels entstehen kann. Auf der anderen Seite liegt ein solcher Hemmungskörper nicht vor, die Knospe ist zwar auch vorhanden, sie steht aber der tieferen Insertion des Blattes gemäss und der geringeren Entwicklung zufolge viel tiefer (Fig. 15, das untere *kn*). Aus diesem Grunde ist der Vegetationskegel befähigt, auf der Seite nach dem ersten Spathablatt zu, seine erste Neubildung zu erzeugen, mit anderen Worten, die ausnahmslos tiefere Stellung der Blüthe vor dem unteren Spathablatte ist ursächlich begründet.

Wenn sich das Blüthenprimord aus der Axe zu erheben anfängt, hat es die Gestalt eines flachen, kreisförmigen Scheibchens; sehr bald aber nimmt es eine gerundet oblonge Form an, dessen längere Seite quer gestellt ist, oder wird subquadratisch (Fig. 16). Nicht selten beobachtet man eine Neigung zur Gestalt eines Paralleltrapezes, dessen

kleinere der Parallelseiten bei der unteren Blüthe nach unten, bei der oberen nach oben gekehrt ist. Nun macht sich auf der ursprünglich fast ebenen, wenig gewölbten Oberfläche eine Differenzierung bemerklich: in einer Entfernung, die etwas weniger als $\frac{1}{3}$ der Längsausdehnung beträgt, erscheinen parallel mit dem oberen und unteren Rande zwei quer verlaufende Furchen, die das Primord in drei Stücke zerlegen (Fig. 17 und 18, *o*, *u*, *M*); das mittelste derselben ist stets etwas umfangreicher, als die beiden anderen, und hat einen der Ellipse sich nähernden Umriss. Der obere und untere Randwulst gliedern sich hierauf weiter. Schon an Fig. 18 sehen wir eine leise mittlere Depression an jedem derselben, welche ein intensiveres Wachsthum der Flankenpartieen anzeigt. Sie ist bereits tiefer in Fig. 19 und in Fig. 20 hat die Differenzierung ein solches Maass erreicht, dass man in den vier Ecken des Primords Kalotten sieht, die durch einen kleineren Mittelkörper gesondert werden. Betrachten wir nun Fig. 22, die folgende Entwicklungsphase, so wird bereits klar, dass die Körper in den Ecken vier Antherenhälften darstellen, zwischen denen ein halbkugeliges Knöpfchen *C* sitzt, das sich als das spätere Connectivzipfelchen erweist, sobald Fig. 22 mit Figg. 23—28 verglichen wird. Halten wir an der Verwandtschaft mit *Potamogeton* fest, so ist ohne weiteres klar, dass die vier Eckkörper nicht mit vier einzelnen Staubgefässprimordien verglichen werden können; sondern dass je zwei derselben zusammen einem Staubblatte jener Pflanze homolog zu setzen sind, dessen beide Fächer durch ein Connectiv verbunden werden.

Aus dem Mittelkörper gliedern sich zunächst in den Enden der langen Axe des transversal gedehnten Ellipsoids, wie ich das schon an so mannigfachen anderen ähnlich geformten Körpern nachgewiesen habe, zwei Primordien von Kalottenform aus. Die allmähliche Entwicklung wird zur Darstellung gebracht, wenn wir Fig. 20 mit Fig. 21 *cp* vergleichen. Inzwischen hat sich aber der Mittelkörper die Depression zu Nutze gemacht, welche durch die Anlage der Eckkalotten früher erzeugt wurde, und hat sich in dieselbe hineingelappt. Der erste Anfang ist bereits in Fig. 21 bei *cp'* zu erkennen, ein etwas vorgeschritteneres Stadium zeigt Fig. 22. Diese Transformation bedingt die Verlegung der langen Axe in der Mittelkörperellipse: sie steht jetzt senkrecht auf der früheren. Die Folge ist, dass die nun sich ausgliedernden Neubildungen in die Mediane der Blüthe fallen. In Fig. 23 sind die Karpiden bereits so weit entwickelt, dass man ihre Natur erkennt, sie werden zu einem zweiten, mit dem ersten decussiert gestellten Karpidenpaare.

Der weitere Verlauf der Entwicklung ist verschieden. Bei der

gewöhnlichsten Form von *Ruppia* ist mit diesen Organen die Blüthe völlig ausgebildet. Mein Material gehört indes jener Form an, die in den allermeisten Fällen durch mehr als vier Karpiden ausgezeichnet ist; gewöhnlich besitzen deren die Blüthen sechs, es finden sich aber auch fünf, sieben und in seltenen Fällen die normalen vier Fruchtblätter. Auf welche Weise diese Vervielfältigung der letzteren zu Wege kommt, wird bei der Betrachtung von Fig. 23 klar werden. Der Innenraum der Blüthe ist nämlich durch die Ausgliederung der vier Karpiden noch nicht aufgebraucht, es ist vielmehr noch genügend Platz da, um mindestens noch ein folgendes Karpid aufzunehmen. In Fig. 24 habe ich einen Fall dargestellt, welcher klar zeigt, dass sich der Blüthengipfel zwischen das obere und eins der seitlichen Karpiden hineinzieht. Die Blüthe ist bereits so weit in ihrer Ausbildung vorgeschritten, dass höchst wahrscheinlich nur noch dieses Fruchtblatt entwickelt werden wird, ich erkenne dies nicht blos an der Grösse derselben, sondern auch daran, dass die Antherenhälften sich bereits anfangen zu fächern. Wenn nun dieses Karpid allein noch in die Erscheinung tritt, dann wird aus dieser Blüthenanlage eine fertige Blüthe entstehen, welche der in Fig. 27 dargestellten vollkommen gleichen wird. Das Karpid *cp''* ist das letztgebildete, es liegt zwischen dem oberen und dem rechts seitlichen. In Fig. 28 habe ich eine in ihren Theilen bereits fertig angelegte Blüthe wiedergegeben, von der ich die, meines Erachtens begründete Vermuthung hege, dass sie in dem vorhergehenden Stadium etwa ein Bild nach der Art von Fig. 23 geboten haben wird. Bei ihr sind sechs Karpiden vorhanden, davon stehen zwei in Alternanz mit dem oberen und den beiden seitlichen Fruchtblättern. Eigenartige Fälle sind von mir in Fig. 25 und Fig. 30 mitgetheilt. Beide besitzen sieben Karpiden, davon stehen in der letzten Zeichnung zwei in Alternanz mit dem oberen, unteren und links seitlichen und eins nimmt genau die Mitte ein. In Fig. 25 kann man bezüglich des rechts oberen der inneren Karpiden nicht im Zweifel sein, dass es mit den benachbarten alterniert, die innersten dagegen können ebenso wohl für transversal gestellt betrachtet werden, als man ihnen eine alternierende Disposition zuschreiben darf. In Fig. 29 habe ich einen Fall gezeichnet, der sicher die transversale Orientierung der jüngsten Neubildungen erkennen lässt, und endlich ist in Fig. 26 dargestellt, wie ein tetrakarpidiäres Gynäceum sich bildet, weil der Raum, welcher im Centrum der Blüthe übrig geblieben ist, nicht dafür genügt, dass sich noch ein weiteres Karpid einstellen könnte.

Mit der von mir oben geschilderten Beschaffenheit der *Ruppia*-blüthe, deren Einzelheiten durch die Entwicklungsgeschichte in allen

Theilen bewahrheitet wurde, stimmt die von EICHLER* in den Blüthendiagrammen gegebene Darstellung nicht überein**. Namentlich sind es zwei Punkte, welche unbedingt der Correctur bedürftig sind: einmal sagte er, dass die Staubgefässe eine transversale Stellung hätten und zweitens meinte er, die Karpiden ständen in einem diagonalen Kreuze, sobald, und dieser Fall war ihm allein bekannt, deren vier vorhanden sind. Man muss nun nicht glauben, dass die erste Verbesserung die zweite unmittelbar nach sich zöge, denn wenn auch das Staubgefässpaar um 90° gedreht und in die Stellung parallel zur Infloreseenzaxe gebracht wird, so bleibt das Karpidenkreuz, wenn es die Drehung mitmacht, doch wieder in einer solchen Orientierung, dass immer je zwei Arme zwischen den beiden Antheren rechts und links zur Mediane liegen. Sollen also die Karpiden in die naturgemässe Lage kommen, so muss man zur ersten Drehung noch eine zweite hinzufügen, welche das Kreuz um 45° aus der von EICHLER angenommenen Lage bewegt.

Nachdem ich die vorliegenden Thatsachen über den Aufbau der Blüthen von *Potamogeton* und *Ruppia* geschildert und die von EICHLER gegebenen unrichtigen Mittheilungen corrigiert habe, will ich auf die theoretische Interpretation der Blüthen dieser Familie näher eingehen. Bei diesem Geschäfte kommen hauptsächlich zwei Fragen in Betracht: die erste ist, zu prüfen, welcher Natur sind die Elemente der Hülle, d. h. mit welchen Organen der anderen Monocotylenblüthen sind sie homolog zu setzen, und die zweite ist, zu untersuchen, ob die beiden Blüthen unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte betrachtet werden können, mit anderen Worten, existiert ein gemeinschaftlicher Familienbauplan oder ein Schema, das beide Gattungen umfasst?

Ueber das Schema der Blüthe von *Potamogeton* stehen sich zwei Ansichten unvermittelt gegenüber: die eine, welche von EICHLER vertreten wurde, erfreut sich der besonderen Billigung der deutschen Botaniker, die andere ist vorzüglich von den auswärtigen Pflanzenkennern angenommen worden; doch hat sich ihr auch HEGELMAIER auf Grund seiner entwicklungsgeschichtlichen Studien angeschlossen. Jene wird am besten durch EICHLER's eigene Worte wiedergegeben: »Deckblätter werden nur ausnahmsweise angetroffen, Vorblätter fehlen typisch. Das Andröceum besteht aus zwei decussierten Quirlen, von denen der äussere

* EICHLER, Blüthendiagramme I. 90, Fig. 39.

** HIERONYMUS hat zwar schon früher die EICHLER'sche Darstellung corrigiert und der letztere hat an LÜRSSEN (vergl. Handb. der Botanik II. 306) ein zwar verbessertes, aber immer noch unrichtiges Diagramm gelangen lassen. Bei der allgemeinen Benutzung der Diagramme ist eine Widerlegung nothwendig, zumal die Mittheilung von HIERONYMUS nicht zu der Kenntniss gelangt ist, die sie verdient.

zur Abstammungsaxe quer steht, dann folgen vier Karpiden in diagonaler Kreuzung. Die tief zweitheiligen extrorsen Antheren werden von breiten kelchblattähnlichen Connectivschuppen überragt«.

Die Organe also, welche die Engländer, Franzosen und unter den Deutschen Hegelmaier für Perigonialglieder ansehen, werden sonst mit Eichler als Effigurationen des Connectivs betrachtet. Nicht wenige Momente können angeführt werden, welche einer Deutung im letzten Sinne nicht günstig sind. Prüfen wir zunächst die verwandten Formen, so finden wir bei diesen keine Organe, welche sich ungezwungen ebenfalls als solche Connectivgebilde ansehen lassen; wenn man bei *Ruppia* die gleichen Verhältnisse voraussetzte, so befand man sich im Irrthume, wie ich unten genauer darlegen werde. Perigonialgebilde sind dagegen oft bei der weiblichen Blüthe von *Najas*, sehr häufig auch bei der männlichen vorhanden. Von vergleichenden Gesichtspunkten aus muss aber besonders auf die Blüthen von *Althenia* hingewiesen werden. Bei *Alt. filiformis* hat die männliche Blüthe, trotzdem dass sie monandrisch ist, doch drei Zähne, welche ich der Stellung und der ganzen Form nach für das Homologon eines dreigliedrigen Perigons ansehen möchte. Dieselben Organe sind sehr gross und deutlich blattartig in der weiblichen Blüthe. Die drei Karpiden stehen zu ihnen superponiert, und da ein Karpid kein Connectiv hat, so können diese drei Gebilde auch nicht für Connectiveffigurationen angesehen werden. Wenn nun Eichler für *Althenia*, sowohl bezüglich der männlichen, wie der weiblichen Blüthe, indem er ausdrücklich gegen Prillieux polemisiert, der Homologie mit dem Perigonium auf das Bestimmteste beipflichtet, trotzdem er die Superposition »nicht direkt erklären kann«, so halte ich sein Bemühen, für die betreffenden Organe an *Potamogeton* unbedingt Connectivschuppen heraus zu construieren, nicht für durchaus consequent.

Die Entwicklungsgeschichte redet der Vorstellung Eichler's durchaus nicht das Wort. Wir haben gesehen, dass sämmtliche vier Elemente der Hülle vor den Staubgefässprimordien erscheinen. Das Vorhandensein von Connectivschuppen setzt nun nicht blos voraus, dass die Grundstöcke, aus welchen die Staubgefässe sich bilden sollen, früher angelegt sind als jene, sondern dass auch noch die Differenzierung in Staubbeutel und Connectiv vorausgegangen sein muss. Die Annahme, dass Connectivschuppen entstehen sollen, bevor das Connectiv selbst da ist, muss für jeden unbefangen denkenden Beobachter einen Widerspruch in sich selbst einschliessen.

Für die meisten vergleichenden Morphologen sind diese Bedenken von minderer Wichtigkeit. Eichler beseitigt sie durch folgende Argumente: »es ist zu bemerken, dass auch in vielen anderen Fällen, wie

wir namentlich bei den sogenannten diplostemonen Blüthen noch sehen werden, die Antheren später auftreten, als die hinter ihnen befindlichen Kronentheile, von denen sie doch innere Abschnitte sind; auch hat es nichts befremdliches, dass innere Theile eines und desselben Organes später sichtbar werden, als die äusseren«. Hierzu fügt er noch den Satz, dass »nach Beobachtungen von MAGNUS bei gelegentlich auftretenden drei- und zweizähligen *Potamogeton*blüthen die Staubgefässe immer vor die Schuppen fallen, bei der HEGELMAIER-schen Deutung müsste hier Alternation stattfinden«.

Gehe ich nun diese drei Punkte durch, so muss ich bezüglich des ersten darauf aufmerksam machen, dass EICHLER in dem zweiten Theile seines Werkes bei den Obdiplostemonen die Vorstellung von der Zusammengehörigkeit der Blumenblätter mit den vor ihnen stehenden Staubgefässen ausdrücklich aufgegeben hat, dieser Punkt fällt also von selbst weg. Durch die Veränderung seiner Auffassung haben wir weiter keine Veranlassung, den zweiten Punkt in Betracht zu ziehen, und so bleibt vorläufig nur der dritte übrig, dass also die drei- und zweizähligen Blüthen seine Theorie stützen sollen. In sofern ist der EICHLER'schen Auseinandersetzung bedingungslos zuzustimmen, als die HEGELMAIER'sche Deutung der Blüthe in ihrem ganzen Umfange nicht oder nur unter Zuhülfenahme jener Correkturen, durch die man in der Morphologie der Blüthen jede beliebige Behauptung »beweisen« kann, ferner festzuhalten ist. Die dreigliedrigen Gipfelblüthen* schliessen eigentlich die Möglichkeit einer bis zu den Karpiden fortgesetzten, also aus vier Paaren aufgebauten Decussation aus. Die Ausweichung, dass in diesen Blüthen immer ein Element der abwechselnden Paare abortiert sei, könnte zwar versucht werden, man hat aber doch nicht für gut befunden, sie einzuführen. Bei den zweigliedrigen Blüthen, von denen ich eine in der Bildung begriffene dargestellt habe (Fig. 11), müsste der Ausfall der abwechselnden Paare angenommen werden. In formaler Hinsicht kann man auch dieser Vornahme kein unbedingtes Veto entgegensetzen, denn ähnliche Interpolationen von ganzen Cyklen oder Theilen derselben sind namentlich in der Karpidensphäre durch NÄGELI neuerdings wieder ernstlich in Vorschlag gebracht worden. Abgesehen aber davon, dass diese Interpretation für EICHLER keinen Zweck hat, weil er eben eine andere Auffassung als empfehlenswerth oder vielmehr als einzig richtig hinstellen will, hat er solche ziemlich gewaltthätige Construktionen gewöhnlich nicht vorgenommen.

* EICHLER meinte, dass die Gipfelblüthen bei *Potamogeton* nicht vorkämen, ich habe gezeigt, dass gerade nur sie die Zahlenabwandlungen in den Blüthen aufweisen, die er zur Stütze seiner Theorie verwendet.

Für den Verfasser der Blüthendiagramme gab es nur zwei Auffassungen über die *Potamogeton*blüthe, die durch ihn vertretene und die von HEGELMAIER verfochtene. Führte er die letztere ad absurdum, so blieb nur die seine übrig. Leider hat er indes übersehen, dass auch er für die Decussation, wenn auch nur für eine aus zwei Paaren bestehende eingetreten ist; aus diesem Grunde hat die Deutung der dreigliedrigen Blüthe bei ihm genau dieselben Schwierigkeiten zu überwinden, welche sich der HEGELMAIER'schen Auffassung entgegenstellen; er kann ebenfalls nur durch die Einschaltung eines Gliedes das eine Paar ergänzen, denn wenn er in der dreigliedrigen Blüthe nur eine leichte Zahlenabwandlung von geringer Bedeutung erblickte, so sagte er damit nichts anderes, als dass er die Thatsache mit verschiedenen Worten ausdrückte, die Erklärung oder theoretische Deutung blieb ihm damit immer noch übrig.

Der Kernpunkt der Frage, dass nämlich die Hüllblätter Connectivschuppen seien, wird daher durch diese Erwägung nicht getroffen; in der That behandelt er auch die ganze Beweisführung nur wie ein ausschmückendes Beiwerk, den Hauptwerth legt er »auf ein ganz ähnliches Verhalten bei der verwandten *Ruppia**, wo doch die Schüppchen unzweifelhaft Connectiveffigurationen sind«. Diesen Dingen wollen wir nun noch einige Berücksichtigung schenken.

Ich habe gezeigt, dass das subquadratische Blüthenprimord von *Ruppia* durch zwei randliche transversal verlaufende Furchen zuerst in drei über einander stehende Portionen zerlegt wird und dass sich jede derselben durch ein vermehrtes Wachsthum an den gegenüberliegenden Ecken wiederum in zwei Theile gliedert, die durch eine relativ breite Depression von einander gesondert werden. Aus dem Gewebe jener Depression erhebt sich dann jene Kalotte, welche das sogenannte Connectivschüppchen liefert.

Man wird nicht leugnen können, dass wenigstens der Entstehung nach zwischen dem letztbesprochenen Gebilde und den Hüllblättern von *Potamogeton* ein himmelweiter Unterschied ist. Würden die äusseren Blätter der *Potamogeton*blüthe ebenso erzeugt, wie jene Schüppchen, so nähme ich sicher keinen Anstand, beide homolog zu

* IRMISCH ist der erste gewesen, welcher auf die Homologie beider Organe hingewiesen hat. Er sagte: »Oberhalb der Stelle, wo an dem breiten, fast triangulären, schuppenförmigen, der Blüthenstandsaxe dicht anliegenden Connectiv links und rechts ein Antherenfach angeheftet ist, findet sich ein kurzer abgestumpfter, zuweilen etwas ausgehöhlter, freier Fortsatz. Er scheint ganz der blattartigen Erweiterung des Connectivs bei *Potamogeton* zu entsprechen und gleichsam den minder ausgebildeten Zustand desselben darzustellen«. (Flora 1851. p. 88 in nota.) EICHLER sah in ihnen bereits »eine evidente Analogie«. (Blüthendiagramme I. 91.)

setzen; die erhebliche Differenz aber, die entwicklungsgeschichtlich zwischen beiden besteht, muss jeden kritischen Beobachter stutzig machen. Aber noch mehr! Wir wollen einmal zusehen, ob denn jenes Connectivschüppchen nicht auch bei *Potamogeton* nachgewiesen werden kann. Solche Anhänge von drüsiger, zuweilen blattartiger Natur, welche die Staubbeutel überragen, sind bei Mono- und Dicotylen überaus häufig und es genügt, obschon bis jetzt darauf noch nicht aufmerksam gemacht wurde, schon eine oberflächliche Betrachtung, um sie bei *Potamogeton natans* (Fig. 13, *Co*) und vielen der übrigen Arten nachzuweisen.

Wenn nun das Connectivschüppchen von *Ruppia* in einem Organe an der Anthere von *Potamogeton* sein offenbares Homologon hat, so kann es unmöglich mit einem zweiten Organe, nämlich dem Hüllblatte, nochmals homolog gesetzt werden. Das letztere ist vielmehr ein Ding, welches *Ruppia* nicht zukommt: es ist, wie die Ontogenese und der Vergleich mit verwandten Pflanzen zeigt, ein Perigonblatt, zu dem aus der mehrfach angeregten Ursache das Staubgefäss superponiert gestellt ist. Die theoretische Einschaltung von Gliedern, die durch Abort in Wegfall gekommen sind, lässt sich durch kein Moment begründen.

Ich gehe nunmehr zu der zweiten der von mir aufgestellten Fragen über, wie können die beiden Blüthen unter den gemeinschaftlichen Bauplan gebracht werden? Wenn Eichler diese Uebereinstimmung mit Leichtigkeit vollzog, wenn *Ruppia* nach dem von ihm entworfenen Diagramme nichts anderes war, als eine verarmte Form von *Potamogeton*, indem das eine Staminalpaar und zwar das zweite für geschwunden angesehen wurde, so war dies nur möglich, weil er sich in der Stellung der Generationsorgane geirrt hatte. Der Bau der *Ruppia*blüthe ist vielmehr von dem der *Potamogeton*blüthe durchaus verschieden. Wir können dieselbe nur dadurch auf das Schema von *Potamogeton* zurückführen, dass wir annehmen, das der Genesis und der Theorie nach erste Staminalpaar ist verloren gegangen, und indem wir eine congenitale Drehung des Karpidencyklus um 45° voraussetzen. Beide Correkturen sind aber selbst für einen formalen Morphologen brüsk und ungewöhnlich, für mich bedeuten sie nichts, als eine Umschreibung der Thatsachen, resp. das Eingeständniss der Unmöglichkeit, beide Blüthen auf einen gemeinschaftlichen Typus zurückzuführen.

Das Schema der *Ruppia*blüthe verdient eine besondere Beachtung der Morphologen, da die gewöhnliche Form das einzige mir bekannte Beispiel für das Verhältniss ist, dass sich eine Blüthe bis zu dem Karpidenkreis in decussierten Paaren aufbaut. Aber auch in ihr kann die immanente Idee, der inhärente Typus nicht der maassgebende

Faktor für die Formbestimmung sein. So lange die Blüthe in ihrer gewöhnlichsten Ausbildung auftritt, kann sie eben so wohl durch die formale Auffassung, wie durch die mechanische Betrachtungsweise erklärt werden, wobei freilich die erstere wahrscheinlich den Abort eines äussersten Staminalkreises, vielleicht auch noch überdies zweier Perigonkreise festsetzen wird*. Ob die eine oder die andere von beiden Ergänzungen vorgenommen werden muss, kommt ganz auf die Auffassung an, welche als Typus von vornherein mitgebracht wird. Für diejenige Form der Blüthe aber, deren Entwicklung ich besonders beschrieben habe, und welche durch mehr als vier Karpiden ausgezeichnet ist, reicht die formale Auffassung nicht unmittelbar aus. Die Thatsache, dass sich das auf die ersten vier Karpiden folgende Paar in sehr seltenen Fällen wiederum transversal stellt, während die beiden Elemente gewöhnlich mit den vorhergehenden in Alternanz treten, ja dass zwei alternieren können, während ein drittes genau die Blüthenmitte einnimmt, wird zwar durch die Beobachtung, dass sich die Karpiden einfach dahin stellen, wo sie Platz haben, in sehr befriedigender Weise erklärt, kann aber formal ohne besondere Verwahrungen und Correkturen nicht gedeutet oder verstanden werden.

Natürlich ist die Theorie, welche wie ein Proteus momentan die Gestalt zu verändern vermag, auch im Stande, diesem Dilemma zu entgehen, denn welcher Anforderung kann eine Theorie, die ihre Grundsätze durch die angehängten Corollarien** selbst wieder vernichtet hat, nicht gerecht werden? Sie stellt einfach die Behauptung auf, dass phylogenetisch auch bei den Blüthen mit mehr als vier Karpiden die Decussation fortgesetzt gedacht werden muss und dass andere, als die geforderten Stellungen durch congenitale Verschiebungen zu Wege gebracht worden sind. Nichts hindert sie selbstverständlich auch umgekehrt die Behauptung zu setzen, dass auf die letzten beiden decussierten Paare »ein darauf erscheinender typischer Viererquirl sich mit dem voraufgehenden zweizähligen immer diagonal kreuzt«, und dass die seltenen transversalen binären Dispositionen unwesentliche Verschiebungen sind, da sich bei Abort »die auftretenden Organe so weit verschieben, dass sie sich in den vorhandenen Raum theilen«. Die von vielen gepriesene Omnipotenz der formalen Morphologie, die Fähigkeit, alle nur irgend vorkommenden Verhältnisse und noch mehr, alle denkbaren Relationen durchaus erklären zu können, bringt den Satz in Erinnerung, qui trop embrasse mal étreint.

* Die Berücksichtigung der Vorblätter compliciert die Zahl der möglichen theoretischen Formeln noch um einen Grad.

** Vergl. K. Schumann, Blüthenanschluss 468.

Die Betrachtungsweise, welche wir dagegen in dieser Untersuchung verfolgt haben, giebt uns Aufschlüsse über die Bildung der Blüthen in exaktem, physikalischem Sinne. Sie hat uns gezeigt, dass die tetramere Bildung der *Potamogeton*blüthe bedingt wird durch die geradzeilige Disposition der Primordien; wir sind in der Constatierung dieser Thatsache nicht bei *Potamogeton* allein stehen geblieben, sondern wir haben gezeigt, dass ganz allgemein gleich arrangierte Blüthen auch die gleichen Formen bis zu einem bestimmten Grade gewinnen müssen, weil die Anlagebedingungen die gleichen sind. Wir haben ferner erkannt, dass die Gipfelblüthen andere Gestalt annehmen, sobald bestimmte Contaktverhältnisse am Scheitel eintreten; bei einer dimeren *Potamogeton*blüthe wurde sogar durch den zu Gebote stehenden Raum bedingt, dass ein zweizähliger Karpidenkreis decussiert gestellt wurde, obschon der normal vierzählige seine Elemente im schrägen Kreuz disponiert aufweist (Fig. 11).

Wenn uns nun durch die Betrachtung der Entwicklungsgeschichte eine ganze Reihe von Verhältnissen ursächlich begründet und somit wirklich verständlich wird, so ist damit durchaus nicht gesagt, dass wir die ganze Blüthe mechanisch erklären können. Die Causalreihe ist bei weitem nicht bis auf die letzten Ursachen zurückgeführt, wir müssen vielmehr eine nicht geringe Anzahl von Momenten als für die Gattung *Potamogeton* erblich angehörig ansehen. Hierher gehört zunächst die Grösse der Blüthenprimordien, ferner die Grösse der Perigonabschnitte im Verhältnisse zu dem Durchmesser des Blüthenkörpers in der Zeit, wenn jene angelegt werden. Sie müssen als gegebene Quantitäten angesehen werden, deren Ursachen nicht weiter zu ergründen sind.

Eben so wenig haben wir eine Einsicht darüber, warum sich die Blüthenprimordien von *Ruppia* so durchaus abweichend in ihrer Ausgliederung verhalten von dem Modus, der uns bei *Potamogeton* entgegentrat. Der Zerfall in drei übereinander stehende Portionen ist gegenwärtig ursächlich durchaus nicht zu begründen, diese Thatsache muss wieder als gegeben hingenommen werden, sie ist eine der *Ruppia* eigene, selbst deren nächstverwandter Gattung *Potamogeton* nicht zukömmliche Besonderheit. Ist diese Gliederung aber einmal vollzogen, so wird uns die Thatsache, dass der Mittelkörper in den Enden der langen Axe zwei Neubildungen von bestimmter Insertionsfläche hervorbrachte, verständlich, weil sie einem stets wiederkehrenden Verhältnisse in der ganzen Pflanzenwelt entspricht; auch die Stellung des zweiten Paares von Karpiden ist nothwendig, weil sich der Blüthenkörper in einen durch eine Depression vorgebildeten Raum hineinzieht und wiederum elliptische Form gewinnt. Wie dann der

Ort für die Karpiden durch die vorhandenen freien Räume bedingt wird, habe ich wiederholt bemerkt und so komme ich denn zu dem Schlusse, dass durch die Untersuchung der Bildungsgeschichte der Blüthen bei der von mir behandelten Familie zwar durchaus kein abschliessendes Resultat über die Ursache der Formgebung zu gewinnen ist, dass aber bei bestimmten Voraussetzungen doch eine tiefere Einsicht in den Aufbau erlangt werden kann. Um so wichtiger aber erscheint mir dieser Erfolg, weil nicht blos die normalen Gestalten auf diesem Wege zu verstehen sind, sondern auch das Zustandekommen von Varianten erklärt werden kann, denen gegenüber sich die formale Morphologie wie so oft nur mit Worten und Umschreibungen, nicht aber durch eine reale Erklärung abzufinden vermag.

b. Die Familie der Zannichelliaceae.

In diese Familie, welche bisher gewöhnlich als eine Tribus der *Najadaceae* angesehen wurde, gehören nach der gegenwärtigen Auffassung nur zwei Gattungen. Nachdem nämlich Ascherson, wie ich meine mit vollem Rechte, die Gattung *Lepilaena* zu *Althenia* gezogen hat, ist ausser ihr allein diejenige darin enthalten, welche ihr den Namen gegeben hat. Die Gattung *Zannichellia* begreift nur eine Art in sich, die wohl bezüglich der Tracht, der Länge der Blätter, der Zahl der Karpiden und der Beschaffenheit der Früchte einigermaassen variiert, die aber doch nicht wohl in mehrere Species getheilt werden kann.

Das von mir zur Untersuchung verwendete Material entstammt einem der Havelseen bei Baumgartenbrück unweit Potsdam. Ich verdanke dasselbe Herrn Dr. O. Warburg, der es für mich auf einer von Herrn Professor Ascherson geleiteten Excursion sammelte; ich spreche ihm an dieser Stelle nochmals meinen Dank dafür aus.

Die erste genauere Untersuchung über die Morphologie dieser interessanten Wasserpflanze verdanken wir dem unermüdlichen und so sorgfältigen Irmisch, welcher in zwei Schriften* zuerst besonders die Blüthen- und dann die vegetativen Sprossverhältnisse schilderte. Eichler** hat später, wie es scheint hauptsächlich auf Grund jener Arbeiten, eine knappe Darstellung des Aufbaus der Pflanze in den Blüthendiagrammen mitgetheilt. Meine eigenen Untersuchungen, die sich auf die Prüfung jüngerer Zustände und endlich auf die

* Irmisch in Flora, 1851, pag. 85; in Abhandl. des naturw. Vereins für Sachs. u. Thür II. 36.

** Eichler in Blüthendiagrammen. I. 87.

Entwicklungsgeschichte stützen, haben mir gezeigt, dass die frühere Darstellung mancher Correkturen bedürftig ist. Ich werde deshalb ein wenig ausführlicher die Verhältnisse zu schildern haben und werde nicht unterlassen können, unsere beiderseitigen Resultate mit einander zu vergleichen.

Zannichellia palustris L. wiederholt in der äusseren Erscheinung jene schmalblättrigen Arten der Gattung *Potamogeton*, welche unter dem Namen *Chloëphylli* zu einer eigenen Sektion zusammengefasst worden sind. Sie hat eine dünne fadenförmige Grundaxe, welche an den Knoten durch zwei fädliche Wurzeln festgeheftet wird. Gleich anderen ähnlichen Wasserpflanzen ist das Rhizom ein Sympodium, jede der relativen Hauptaxen, deren Grundstücke es zusammensetzen, ist mit sechs Blättern versehen. Sie beginnt mit einem dütenförmigen häutigen Niederblatte, dem ein Laubblatt folgt. Aus der Achsel des letzteren tritt das nächste Sympodialglied hervor, das, zuerst aufgerichtet, sich später zu Boden legt, während die Hauptaxe sich nach oben biegt und nach weiteren vier Blättern, von denen f^5 und f^6 zu Spathablättern werden, in einer weiblichen Blüthe endet. In den Stellungsverhältnissen der Blätter an den successiven Sympodialgliedern, sowie in den Anlageorten der Wurzeln sind von Irmisch gewisse Gesetzmässigkeiten festgestellt worden. Leider war das mir zur Verfügung stehende Material bezüglich der Rhizome zu mangelhaft, als dass ich diese Relationen hätte nachprüfen können. Ich verweise deshalb auf diese, den Eindruck höchster Genauigkeit machenden Mittheilungen.

Die blühenden Sprosse von *Zannichellia palustris* gleichen durchaus Monopodien, welche abwechselnd einzelne hohlcylindrische, spreitenlose, geschlossene Scheiden und in Dreierwirteln gestellte Laubblätter tragen. Ueber die Stellungsverhältnisse dieser Blätter zu einander kann man durch die Untersuchung entwickelter Sprosse eine sichere Einsicht nicht gewinnen. Sieht man zuvörderst von den scheidenförmigen, spreitenlosen Blättern ab und betrachtet die Organe, welche an einem Knoten sitzen, so bemerkt man, dass sich das eine Blatt des Dreierwirtels von den beiden anderen merklich unterscheidet. Diese sind mit relativ grossen, interpetiolaren, hohlcylindrischen Scheiden versehen, die man für Stipularorgane ansieht. Jenem fehlt diese Scheide entweder ganz (Taf. V, Fig. 1 *B*), oder wenn sie vorhanden ist, so ist sie doch nicht ringsum geschlossen, sondern auf der von der Spreite abgekehrten Seite bis zum Grunde gespalten (Taf. V, Fig. 2 *Sch*). Das Blattpaar mit geschlossener Scheide zeigt ungefähr distiche Stellung und lässt sich dadurch, dass die Scheiden die inneren Organe umschliessen, in ein oberes Element und ein unteres zerlegen. Schlitzt man die Scheide des unteren Blattes auf, so findet man von ihr

umgeben ein Staubgefäss, jenes oben erwähnte dritte Blatt, eine Knospe, eine weibliche Blüthe, ferner jenes zweite mit geschlossener Scheide versehene Blatt, das seinerseits wiederum eine Knospe oder jenen entwickelten Spross umfasst, der eben wie die Fortsetzung des Monopodiums aussieht.

Unter welchen Gesichtspunkten sind nun diese ziemlich zahlreichen Organe aufzufassen? Die vergleichende Morphologie hat unter Zugrundelegung der bei *Potamogeton* obwaltenden Verhältnisse eine der Wahrheit vollkommen entsprechende Analyse des Verbandes gegeben. Denken wir uns nämlich an Stelle der weiblichen Blüthe von *Zannichellia* mit ihren an Zahl sehr variablen, zwischen zwei und acht schwankenden Karpiden, die von einer gestutzten, becherförmigen Hülle umgeben sind, einen kräftigen Blüthenstand, so dass dieser Körper eine mehr dominierende Form erhält, dann wird in den Complex, der den Knoten einer *Zannichellia* besetzt, sogleich Ordnung geschafft. Wie bei den meisten *Potamogetonen* hat nämlich dann das obere Laubblatt in seiner Achsel denjenigen Spross, welcher die Weiterführung der Axe übernimmt, während die Hauptaxe selbst in den Blüthenstand aufgeht. Abweichend von jenem Geschlechte ist nur das Achselprodukt des unteren Laubblattes. Als solches muss nämlich unter der oben genannten Voraussetzung das Staubgefäss betrachtet werden. Wenn es nicht sogleich als solches in die Augen springt, so liegt die Ursache in denselben Momenten, welche bewirken, dass die weibliche Blüthe nicht bei der ersten Betrachtung als Abschluss der Hauptaxe erkannt wird: in der Grösse nämlich des Achselproduktes aus dem oberen Laubblatte, die eine Usurpation des Platzes jener und ihre Verdrängung aus der ursprünglichen Lage bewirkt. Das dritte Blatt des Dreierwirtels zeigt sich nun in fester Verbindung mit dem Staubgefässe, dessen unterstem Grunde es angeheftet ist. Auch bezüglich dieses Organes hat die vergleichende Betrachtungsweise das rechte gefunden, indem sie es als das Laubblatt eines Lateralstrahles aus dem unteren Elemente des Laubblattpaares ansieht. Die Knospe (Taf. V, Fig. 1 *kn*), welche sich ebenfalls als in enger Beziehung zu dem Staubgefässe stehend erweist, ist für ein Achselprodukt aus dem Blatte angesehen worden.

Ich habe schon oben bemerkt, dass durch unmittelbare Anschauung an einem weiter entwickelten Sprosse nicht jeder im Stande sein dürfte, diese Verhältnisse zu entziffern; selbst unter Voraussetzung der Analogie mit *Potamogeton* bedarf man dazu schon einer nicht geringen Uebung in der Lösung morphologischer Räthsel. Mit grösster Leichtigkeit können dagegen die Relationen übersehen werden, wenn ein solches Entwicklungsstadium gewählt wird, in dem die Suprematie

des Achselsprosses aus dem oberen Blatte noch keine vollendete Thatsache geworden ist. Ich habe in Fig. 3 eine Sprossspitze abgezeichnet, welche einen klaren Ueberblick gestattet. *a* und *b* sind die Elemente des Laubblattpaares, die sogenannten Spathablätter mit ihren Scheiden *Sch* und *Sch'*. Die Mitte des ganzen Systemes wird eingenommen von den beiden Karpiden *cp**, welche die weibliche Blüthe zusammensetzen, am Grunde derselben sieht man ihre becherförmige Hülle. In der Achsel von *a* befindet sich ein Lateralstrahl, dessen Hauptkörper durch *st* das Staminalprimord repräsentiert wird. *B* ist das Blatt an diesem Gebilde, in dessen Achsel die Knospe *kn* sich befindet. Die in den Scheiden des unteren Laubblattes vorhandenen grossen *Squamulae intravaginales* sind mit *sq* bezeichnet; die Benennung *sq* trägt ein ebensolches viel kleineres Organ, das seinen Platz zwischen dem Staubgefäss *st* und der Knospe *kn* findet.

Ueber die Deutung der Organe hinsichtlich ihrer morphologischen Homologieen besteht, wie ich soeben gezeigt habe, zwischen den Untersuchungen von Irmisch, bez. Eichler und den meinen keine Differenz; wohl aber weiche ich von jenen sehr erheblich ab, was zwei Punkte anbelangt, einmal nämlich die Stellung der Organe und dann die Zusammensetzung des Sprosses, welcher die männliche Blüthe trägt. Ich habe oben bereits erwähnt, dass jedes Sympodialglied mit drei Blättern versehen ist: einem scheidigen, hohlcylindrischen spreitenlosen Blatte, das von Eichler Grundblatt genannt wird, und den beiden Spathablättern. In seiner ersten Arbeit über *Zannichellia* hat Irmisch noch ein dem Grundblatte vorausgehendes Vorblatt beschrieben, das nur rudimentär in der Form zweier Zipfel entwickelt wäre. Er hat später seine Angabe selbst dahin verbessert, dass die beiden lanzettlichen Körper die *Squamulae intravaginales* des Sprosstragblattes sind.

Was nun die Stellung dieser drei Blätter an einem Sympodialgliede anbelangt, so ist es Irmisch nicht gelungen, Klarheit über die Disposition des ersten scheidigen Blattes zu gewinnen. Gewöhnlich ist nämlich diese Scheide mehr oder weniger zerstört oder, wenn sie unverletzt geblieben ist, völlig gerade abgestutzt, so dass man von einer Spitze, die den Ort angeben könnte, wo das Blatt seinen Anfang genommen hat, nicht reden kann. An einem Exemplare der *Zannichellia palustris*, das Haussknecht aus Persien mitgebracht hat, finde ich aber alle Scheiden auch in völlig unverletztem Zustande, wenn

* Die mir für die Entwicklungsgeschichte zur Verfügung stehenden Exemplare hatten fast nur digyne Blüthen; ich kann demgemäss über die Stellung der pleiogynen keinen Aufschluss geben und empfehle diese Frage fernerer Untersuchung.

sie noch von allen Blättern umschlossen werden, derartig schief abgestutzt, dass die höchste Spitze ungefähr der Mediane des ersten Laubblattes *a* gegenüberliegt. Um nun zu zeigen, dass auch der Entwicklung nach das Blatt diese selbe Stellung hat, habe ich auf Taf. V, die Fig. 4 mitgetheilt. In der Achsel des Blattes *b* befindet sich ein Lateralstrahl, der von der Stipularscheide *Sch* eingeschlossen wird. Man erkennt hier deutlich, dass *G*, das Grundblatt, transversal zu dem Tragblatte fällt und dass es dem ersten Spathablatte *a* diametral gegenüberliegt.

Eichler hat diese Stellung aus der Distichie von *a* und *b*, den zwei Spathablättern theoretisch gefolgert, obwohl dieser Schluss seine schweren Bedenken haben musste, da dieses Grundblatt ebenso gut hätte ein adossiertes Vorblatt sein können. In den Darstellungen der beiden erwähnten Morphologen finde ich nun die Angabe, dass die Distichieebene durch die beiden Spathablätter die Mediane des Tragblattes von *b* unter einem schiefen Winkel schneide. Irmisch hat seine Beobachtungen mit folgenden Worten ausgedrückt: »Der Laubzweig, der aus der Achsel eines solchen Blattes entspringt, steht nicht ganz genau in der Mitte vor der Lamina, sondern ein wenig seitwärts von der Mitte gerückt, so dass er theilweise mit der einen Seite ausserhalb der entsprechenden Seite seines Mutterblattes zu stehen kommt und hier nur von der Stipula umschlossen wird«. Sei es nun, dass Eichler selbständige Untersuchungen über diese Frage angestellt hat, sei es, dass er auf eigene Weise die Beobachtung Irmisch's verwerthet hat, er sagt: »Der obere Spross (aus *b*) ist gefördert; er trägt nach dem Grundblatte gewöhnlich sofort zwei Spathablätter, deren unteres schräg vorwärts — bald rechts, bald links — fällt, das obere dem unteren gegenüber«.*

Um nun die wahre Disposition der Blätter, die bei dem späteren ungleichmässigen Wachsthume von ehemals der Masse nach äquivalenten Organen leicht erschüttert werden kann, zu ermitteln, habe ich die erste Anlage zu beobachten versucht und konnte constatieren, dass die ersten drei Blätter durchaus transversal zum Tragblatte, ohne eine Andeutung von Schiefstellung oder Verschiebung ausgegliedert werden (Taf. V, Figg. 3 und 4) und dass demnach die von Irmisch betonte Stellungsveränderung nur eine Folge jener ungleichen Vergrösserung der Organe sein kann.

* Ich mache darauf aufmerksam, dass die Angaben Irmisch's und Eichler's sich nicht decken. Jener behauptet, wie auch die Zeichnungen darthun, eine Seitenverschiebung der ganzen Knospe, dieser eine Schiefstellung ohne Verschiebung.

Wenn aber die Knospe nicht blos in ihrer Lage zum Tragblatte betrachtet, sondern sie genau bis zu dem Punkte verfolgt wird, wo sie angeheftet ist, so kann es dem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen, dass auch weiter entwickelte Stadien die richtige Blattstellung bezüglich des Tragblattes klar erkennen lassen. Die von Irmisch angenommene Verschiebung der Knospe ausserhalb der Blattspreite beruht ebensowohl, wie die von Eichler gezeichnete Schiefstellung auf einer Täuschung, die durch die nicht genügend scharfe Prüfung zu weit entwickelter Zustände hervorgerufen worden ist.

Der morphologische Aufbau von *Zannichellia palustris* demonstriert auf das Glänzendste, dass es nur einen Weg giebt, um die richtige Einsicht in die Sprossverhältnisse, in Sonderheit in die Disposition der Blätter zu gewinnen: die Verfolgung der Entwicklungsgeschichte. Jede Prüfung weiter vorgeschrittener oder sogar voll entwickelter Sprosse wird für diese und ähnliche Pflanzen immer eine Quelle des Irrthums bleiben, aus der zu schöpfen ich nicht genug warnen kann.

Der Sprossaufbau von *Zannichellia* weist in der Blattstellung der Sympodialstrahlen einen sehr wichtigen Unterschied gegenüber der von *Potamogeton* auf. Während bei dieser Gattung die Distichieebene ungefähr mit der Mediane des Tragblattes zusammenfällt, kreuzt sie bei *Zannichellia* die Mediane rechtwinklig. Aber nur in der ersten Anlage kann man in der letzten Gattung von einer wirklichen Distichie sprechen, später wird der Divergenzwinkel geändert. Die Blätter, welche als Spathenblätter bezeichnet werden, wachsen nämlich in die Breite, d. h. in einer zur Mediane des Tragblattes parallelen Richtung. Mit dieser Dehnung ist aber eine Aenderung des Axenkörpers verbunden, auf die ich schon früher Gelegenheit hatte hinzuweisen. Er verbreitert sich nämlich, wenn auch nicht sehr erheblich, so doch bemerklich nach vorn, auf das Tragblatt zu, so dass die Spathablätter zu einer axoskopen Convergenz gelangen, der vordere Oeffnungswinkel ist deutlich grösser, als der hintere (Fig. 5).

Der Wachsthumszunahme der Blätter entsprechend dehnen sich in derselben Richtung die Achselprodukte, welche sich bei jenen befinden, und wieder dieser Dehnung conform sind nun die an den Primordien auftretenden Organe disponiert. In dieser Dehnung muss also die Ursache erkannt werden, dass die Blätter an den Sprossen immer wieder transversal zum Tragblatte gestellt sind. Dabei herrscht das Gesetz, dass stets das grösste Blatt der Lateralstrahlen nach dem Tragblatte *T* zugewendet liegt. Dies gilt nicht blos von dem Blatte *a'* an dem Achselprodukte des Spathablattes *b*, sondern auch von dem Blatte *B* an jenem des Spathablattes *a*. An dem Sprosse aus *b*, der das Sympodium fortsetzt, ist das zweite Blatt (Fig. 4 *b*)

von Anfang an viel kleiner als das erste und dieser Unterschied bleibt auch in späterer Zeit immer deutlich erhalten (Fig. 5, *a* und *b*).

Die Dehnung, welche die Primordien in den Achseln der Spathablätter erfahren, macht auch der Sprossscheitel (Fig. 4 *v*) mit: er gewinnt eine im Querschnitte elliptische Gestalt, und der von mir wiederholt betonten Regel zufolge sind die beiden Spaltungsprodukte, in die er durch eine in der kurzen Axe der Ellipse liegende Furchung zerfällt, so disponiert, dass eine Halbierungsebene durch sie parallel mit der Distichieebene der Knospe aus *b* verläuft (Fig. 5 *cp*). In sofern ist also die Anordnung aller vorhandenen Organe mechanisch begründet, dass die transversal zur Mediane des Tragblattes gedehnten Primordien eine ebenso orientierte distiche Stellung der Blätter bedingen und dass der Scheitel des ganzen Sprosses diese Dehnung mitmacht.

Ich komme nun zur Besprechung desjenigen Körpers, welcher für das Verständniss die grössten Schwierigkeiten macht und über den bis heute die Akten wohl noch nicht geschlossen sind: das Achselprodukt aus dem unteren Blatte.

Dem Eichler'schen Diagramme zufolge beginnt dasselbe ebenfalls mit einem ringsum scheidig geschlossenen Grundblatte, auf welches jenes Blatt folgt, das in meinen Figuren mit dem Zeichen *B* versehen ist und das wegen der sehr tiefen Insertion mit den beiden Spathenblättern, sobald sie durch Zerreissung und Verrottung der Scheiden frei werden, einen falschen Dreierwirtel bildet. In der Achsel dieses Blattes befindet sich die Knospe (Fig. 5, *kn*), welche in allen Einzelheiten, und dies ist, wie wir sehen werden, bemerkenswerth, den Bau des Achselsprosses aus dem zweiten Spathablatte wiederholt; neben ihr steht das Staubgefäss *st*.

Wer mit der nöthigen Sorgfalt aus einer noch von den Spathablättern eingehüllten Knospe dieses in Rede stehende Achselprodukt frei präpariert, wird nicht wenig überrascht sein, dass er weder die Angaben von Irmisch noch die von Eichler durchaus bestätigt finden wird. Ich habe ausserordentlich viele männliche Blüthen auf das gewissenhafteste untersucht und nicht ein einziges Mal jenes Grundblatt, d. h. also eine spreitenlose Düte von der Form eines Hohlcylinders gesehen. Am häufigsten fand ich solche Verhältnisse, wie sie Fig. 1 wiedergiebt. Was hat es nun mit dem Grundblatte auf sich? Ich vermuthe, dass hier derselbe Irrthum von Irmisch vorliegt, in den er bezüglich eines rudimentären Vorblattes bei den Sympodialsprossen aus dem oberen Spathablatte verfallen ist und den er für diese selbst corrigierte. Auch an der Basis des Blattes *B* sitzen nämlich zwei *Squamulae intravaginales* (Fig. 1, *sq*) und diese sind vielleicht die Ursache für

seine Annahme gewesen. In Fig. 9, Taf. 1 der Flora 1851 hat er zwar eine Scheide abgezeichnet, die er für dieses Grundblatt gehalten hat; meines Erachtens kann es nicht zweifelhaft sein, dass dieser Körper die Stipularscheide des oberen Spathablattes ist. Eichler hat wahrscheinlich auf Irmisch's Autorität hin dieses Grundblatt dann in das Diagramm aufgenommen.

Nur bei einem Sprosse hat Irmisch zweifellos ein wirkliches Grundblatt an einem männlichen Blüthensprosse gesehen, er hat ihn in Fig. 13 dargestellt. Dieser ist aber durchaus abnorm gebildet, denn er besitzt an Stelle eines Laubblattes deren zwei und hat unterhalb des ersten ein stark entwickeltes Internodium, so dass er sich durchaus in seiner Beschaffenheit den ein Grundblatt besitzenden Sympodialgliedern aus *b* nähert.

Und doch ist bei allen Achselprodukten aus dem unteren Spathablatte ein Ding vorhanden, welches als das erste Blatt des Sprosses betrachtet werden muss. Es ist wegen seiner winzigen Grösse bisher allgemein übersehen worden und stellt ein kleines Läppchen dar, das ich in Fig. 1, 2 und 4 mit dem Buchstaben *p* bezeichnet habe. Es ist mir zu wiederholten Malen gelungen, seine erste Anlage zu verfolgen; ich habe das Bild derselben in Fig. 4 an dem Sprosse aus *a* wiedergegeben. Der Ort seiner Entstehung lässt über seine morphologische Homologie keinen Zweifel: es ist ein adossiertes Vorblatt. Dieses Vorkommen an dem Spross aus *a* ist um so bemerkenswerther, als bei dem Sprosse aus dem oberen Spathablatte niemals von mir die Andeutung eines solchen Organes beobachtet werden konnte, wiederum ein Beweis dafür, dass man sich bei der Verallgemeinerung einmal gemachter Erfahrungen nicht vorsichtig genug verhalten kann. Gelegentlich wird wohl, wie Irmisch auch gesehen hat, dieses Rudiment eines Blattes oder einer spreitenlosen Scheide einen grösseren Umfang erreichen. Sicherlich ist es aber nicht gestattet, das Vorhandensein eines scheidig umfassenden Grundblattes als Norm zu betrachten, und falsch ist, wenn die Stellung anders verzeichnet wird, als sich für ein adossiertes Vorblatt gebührt.

Wie schon oben gesagt wurde, ist das Laubblatt *B* an den Sprossen aus den unteren Spathablättern so orientiert, dass es transversal zum Tragblatte gestellt ist und dass es zweitens auf das vorhergehende Tragblatt des ganzen Sympodialgliedes zugewendet ist. Durch diese zwei Bestimmungen hat das Blatt eine ganz feste Lage; zu dem kleinen Vorblattrudimente, das oben besprochen wurde, macht es einen Winkel von 90°. Seine Insertion am Staubgefässe ist fast stets und auch an den voll entwickelten Sprossen so tief, dass es

jenen Dreierwirtel hervorbringt, der sich als falscher Quirl schon daraus erweist, dass die Divergenzen der drei Blätter ungleich sind.

Dieses Blatt ist von den beiden Spathablättern leicht dadurch zu erkennen, dass ihm die geschlossene Stipularscheide abgeht. In den allermeisten Fällen fand ich überhaupt gar keine Andeutung eines solchen Organs (Fig. 1), zuweilen lag vor der Spreite, auf das Staubgefäss zugewendet, eine interpetiolare Stipel, von häutiger Beschaffenheit, die aber keinen Verschluss hatte (Fig. 2, *Sch*). An der Basis des Blattes befinden sich die beiden kleinen linealisch-pfriemlichen *squamulae*, welche nie zu fehlen scheinen, die aber vielleicht, wenn der Achselspross aus *B* noch klein ist, als Blättchen, die zu ihm gehören, betrachtet und somit übersehen worden sind.

Das letzte Organ, das noch einer Besprechung unterzogen werden muss, ist das Staubgefäss selbst. Es nimmt, zwischen dem Vorblattrudimente und dem Blatte *B* gelegen, die Mitte des ganzen Systemes ein. Seine Orientierung betreffend, so finden wir in dem Eichler'schen Diagramme, dass es dem Laubblatte des Sprosses aus *a* gegenüber stehen soll, dass die beiden Theken rechts und links von der Mediane gelegen und von jenem Blatte abgekehrt sind. Diese Angaben sind einer mehrfachen Correktur bedürftig. Der Ort gegenüber dem Blatte *B* ist nicht aus der Beobachtung bestimmt, sondern ist deduktiv aus gewissen theoretischen Voraussetzungen abgeleitet worden, jenes kleine Pünktchen im Eichler'schen Diagramme, das sich vor ihm befindet und das ein Axenende darstellen soll, ist nicht nachweisbar. Ich will auf diese Angelegenheit jetzt nicht näher eingehen, weil mich die Besprechung der formalen Interpretation weiter unten nochmals auf die Sache zurückführen wird.

Die Untersuchung einer sich eben öffnenden Anthere zeigt sehr leicht, dass die Wendung der Dehiscenzschlitze in den Theken nach einer Seite hin mit der Natur nicht übereinkommt. Wie Fig. 1, *st* zeigt, stehen dieselben vielmehr genau einander gegenüber und verlaufen in den Flanken. Endlich schneidet die grösste Ebene, welche durch die Anthere gelegt werden kann, d. h. die lange Axe des elliptischen Querschnittselements, nicht die verlängerte Mediane von *B*, sondern fällt mit ihr zusammen. Die beiden Theken befinden sich also nicht rechts und links von dem durch die Mitte des Blattes gehenden Hauptschnitte, sondern sie fallen in die Flucht desselben und das Staubgefäss muss in dem Eichler'schen Diagramme um 90° gedreht werden, wenn die richtige Stellung gewonnen werden soll.

Die nicht zutreffende, in mehreren Punkten mangelhafte Darstellung des Sachverhaltes, welche Irmisch sowohl wie Eichler gegeben haben, hat die Quelle des Irrthums wiederum darin, dass viel zu weit

entwickelte Stadien zur Untersuchung benutzt worden sind. In den Zeichnungen von Irmisch liegt der Beweis für die Richtigkeit meiner Behauptung. Die Anthere ist in ihnen bereits von dem langen Träger gestützt; der Sympodialspross hat sich schon mächtig entwickelt und ist in die Richtung des unteren Axengliedes getreten, so dass die Organe aus der ursprünglichen Anordnung bereits stark verdrückt sind. Die Anthere aber ist auf ihrem dünnen Filamente so leicht beweglich, dass ihr mühelos diejenige Stellung gegeben werden kann, welche für die Theorie wünschenswerth ist: ein ganz geringer Druck genügt, um sie so zu orientieren, wie sie für Eichler's Theorie passt. Diese ist aber folgende: Das Staubgefäss ist nicht, wie Irmisch wollte, bis zur Anthere die Axe des Sprosses aus dem unteren Spathablatte, sondern ein metamorphosiertes Blatt, welches die von dem angeblich vorhandenen Grundblatte eingeleitete, durch das Blatt *B* weitergeführte Distichie fortsetzt, die Axenspitze ist obliteriert, »die terminale Stellung des Staubgefässes wäre als pseudoterminal zu erklären«. Eichler meinte diese Deutung ganz besonders dadurch stützen zu können, dass gelegentlich, wie schon Micheli 1729 nachgewiesen hat, zwei Staubgefässe vorkommen. Gemeinlich hatte man angegeben, dass diese eine tetrathecische Anthere bilden, erst Irmisch hat gezeigt, dass eine solche enge Vereinigung nicht statt hat, sondern dass die beiden getrennten Staubgefässe nur ganz eng mit dem Rücken aneinander liegen und sich ohne Verletzung von einander trennen lassen.

Nach der Eichler'schen Vorstellung war nun diese Verdopplung des Andröcealapparates sehr einfach dadurch zu erklären, dass sich die bis zum dritten Gliede entwickelte Distichie noch durch ein viertes complicierte.

Die Stellung des Staubgefässes kann aber nur richtig ermittelt werden zu einer Zeit, wenn die beiden Sprosssysteme aus den Spathablättern mit dem Axenende, also dem Karpidenprimordium bez. Sprossscheitel, noch der Grösse nach im Gleichgewicht stehen, wenn also, was besonders wichtig ist, die Anthere noch nicht auf dem Faden beweglich ist und verdrückt werden kann. Also auch hier ist das Studium der Entwicklungsgeschichte eine unabweisbare Forderung. Ich habe in Fig. 3 das nöthige Bild mitgetheilt. Auf der linken Seite der Fig. wird die Stellung der Breitseite des Staubgefässes *st* ganz offenbar: die Halbierungsebene desselben, parallel der Breitseite, fällt in die Mediane des Blattes *B*. Die grösste Axe in dem Querschnittselemente bestimmt aber die Orientierung der Theken, sie liegen so, dass sie beide von ihr geschnitten werden. Wenn nun die Annahme Geltung hat, und ich glaube, sie wird keinen Widerspruch finden, dass die beiden Theken den beiden Blatthälften rechts und links vom

Mittelnerven entsprechen, so ist die Stellung des dem Staubgefässe homologen Blattes eine derartige, dass sie bereits der ganzen EICHLER-schen Ansicht zuwiderläuft, indem die Spreite nicht, wie jene fordert, derjenigen des Blattes *B* parallel gestellt ist, sondern senkrecht auf ihr steht. Die Vorstellung von der durch das Staubgefäss fortgesetzten Distichie ist somit hinfällig.

Ich habe das Vorkommen eines diandrischen Andröceums nicht beobachtet, kann mich also nicht positiv über die dann herrschenden Verhältnisse auslassen, meine indes, dass die von EICHLER mitgetheilte Stellung zweier Staubgefässe sehr wohl richtig sein kann. Wenn ich mir nämlich aus den ziemlich umfangreichen Erfahrungen betreffs der Anlage von Neubildungen über die hier wahrscheinlich stattfindenden Vorgänge ein Urtheil erlauben darf, das natürlich nur deduktiv-theoretisch erschlossen einer eingehenden Bestätigung bedarf, so ist dies folgendes:

Ich habe oben bei der Besprechung der Entwicklung des Sprosses aus dem oberen Spathablatte gesagt, dass in dem Primordium entsprechend der Verbreiterung des Blattes *b* vorzüglich eine Dehnung in der gleichen Richtung eintritt und dass durch sie die transversale Stellung von *a'* und *b'* zu *b* (Fig. 3) hervorgebracht wird. Ich habe ferner erwähnt, dass diese Dehnung sich auch auf das Axenende erstreckt und eine analoge Disposition der Karpiden hervorruft. Endlich, und dies ist hier noch nachzuholen, greift die gleiche Erscheinung auch in dem Primord des Achselproduktes von *a* Platz, so dass die Tiefe der drei benachbarten Körper entsprechend der Breite von *a* und *b* nahezu gleich ist (Fig. 5).

In dem Achselsprosse von *a* wird auf diese Weise zunächst die Disposition von *B* (Fig. 5) transversal zu *a* hervorgerufen, dann erhält aber der zurückbleibende Sprossscheitel jene Form, dass der Querschnitt eine Ellipse darstellt, deren lange Axe parallel mit der Spreite von *a* verläuft. Die Bildungsherde von dithecischen Staubgefässen liegen bei solchen Antheren stets in der Ebene, welche durch die beiden Brennpunkte senkrecht auf der kurzen Axe errichtet werden kann. Deshalb ist die beobachtete Anordnung der Theken in dem Staubgefässe ganz den gewöhnlich wahrnehmbaren Verhältnissen gemäss. Wenn nun zwei Staubgefässe entstehen, so muss der Bildungsvorgang jenem entsprechend sein, welcher die beiden Karpiden aus dem Axenende erzeugt, der Vegetationskegel des Sprosses aus *a* wird gespalten werden, dafür bürgt der Umstand, dass sich die beiden Antheren mit dem Rücken lückenlos berühren. Darüber, ob jedes von einem besonderen oder ob sie beide von einem gemeinschaftlichen Faden getragen werden, ist nichts gesagt, nach MICHELI's

Abbildung möchte ich voraussetzen, dass das letztere der Fall ist. Jedenfalls wird, ja ich glaube fast sagen zu können, muss die Stellung der beiden Staubgefässe in der Richtung gesucht werden, welche die beiden Theken in dem monandrischen Andröceum einnehmen, d. h. sie wird der Angabe Eichler's bezüglich des Blattes *B* conform sein.

Die Theken in diesen beiden Staubgefässen werden nun ebenfalls nach anderweitigen Erfahrungen höchst wahrscheinlich nicht diejenige Lage zu dem Blatte *B* haben, welche sie in einer einzelnen Anthere aufweisen: sie werden nicht alle vier hintereinander in eine Flucht mit der Mediane von *B* fallen, sondern werden in jedem Staubgefässe rechts und links zu dieser sich bilden, indem jedes der durch die Spaltung entstandenen Theilprodukte wiederum im Querschnitte elliptisch gedehnt wird und in der Nachbarschaft der beiden Brennpunkte Pollenmutterzellen hervorbringt. Durch die Micheli'schen Abbildungen werden wir belehrt, dass in der That die von mir vermuthete Anordnung der Theken stattfindet.

Ich komme nun zur Beantwortung der Frage, welcher Natur ist das Staubgefäss? Nach meinen Beobachtungen ist dasselbe unmittelbar das Axenende des Sprosses aus der Achsel des unteren Spathablattes, die Anthere ist wirklich axil, echt terminal. Sie ist keineswegs im Hieronymus-Strasburger'schen Sinne pseudoterminal. Ich habe ein Axenende neben der Anthere nicht nachweisen können und vermag deshalb auch nicht der modificirten Ansicht von Irmisch zuzustimmen, dass der Staubfaden ein Blüthenstiel sei und die Axe noch repräsentiere, während die Anthere selbst ein an der Axe sitzendes appendiculäres Organ sei. Ich habe früher bei Gelegenheit der Betrachtung über die *Gramineen*blüthe gezeigt, dass dies Axenende zuweilen äusserst winzig wird, ja dass es sich der sinnlichen Wahrnehmung entzieht, dass es, wie Schwendener so trefflich gesagt hat, als passive Zellzone gewissermaassen einen Ausweichstein darstellt, um den sich die Neubildungen herumziehen. Auch diese Voraussetzung muss für unsere Pflanze ausser Akt gesetzt werden, denn dann müsste diese Zone als Contaktkörper fungieren und würde die Entstehung eines zu ihm normal gestellten Organpaares bedingen. Der einzelne Körper giebt aber Gewähr dafür, dass ein Rückencontakt bei der Anlage nicht wirksam ist. Er kann aber auch nicht vorausgesetzt werden, wenn ein diandrisches Andröceum vorliegt, denn dann müssten die beiden Staubgefässe transversal zu dem Blatte *B* angeordnet sein, was nach den bisherigen Mittheilungen nicht der Fall ist. Wenn der Vegetationskegel, der normal in eine Anthere völlig aufgeht, gespalten wird, so dass deren zwei entstehen, so ist damit noch nicht gesagt, dass nun beide zwei appendiculäre Organe oder zwei metamorphosierte

Blätter seien und dass die Eichler'sche Deutung zu Recht bestehe, beide sind dann vielmehr noch gerade so gut Stücke einer Axe, wie der einfache Körper die ganze Axe repräsentiert. Ganz in derselben Weise sind dann die beiden Karpiden aufzufassen, sie gehen aus einer Zerklüftung des Sprossscheitels hervor und stellen nicht blattartige Organe dar, die einem gemeinschaftlichen Grundkörper entspriessen.

Als letzter Punkt bleibt mir noch die Frage zu beantworten übrig, wofür das becherförmige Organ anzusehen ist, welches den Karpidencomplex in der weiblichen Blüthe umhüllt. Zwei Möglichkeiten sind hierbei zu erwägen: entweder muss es mit einem bei den meisten *Fluviales* entwickelten Perigon homolog gesetzt werden, oder es ist als ein Schutzblatt von noch indifferenter Natur anzusehen, welches ein letztes Blatt der Axe in hochblattähnlicher Ausbildung darstellt. Der Umstand, dass der Körper eine geschlossene becherförmige Gestalt hat, unterstützt die letzte Annahme, zumal die Scheiden der Fortsetzungssprosse eine ganz ähnliche Ausbildung besitzen; auch die Wahrnehmung, dass bei den verwandten Gattungen die klar ausgeprägten Perigone fast stets polymer sind, weist darauf hin, dass der vorliegende Körper nicht unmittelbar mit diesem homolog gesetzt werden kann. Auf der anderen Seite finden wir aber bei *Najas* ein ähnliches Gebilde, das vielfach für ein Perigon angesprochen worden ist. Ich gestehe deshalb, dass mir eine Entscheidung über die Frage mit einiger Sicherheit nicht wohl möglich erscheint.

Bezüglich der zweiten Gattung in der Familie der *Zannichelliaceae* habe ich leider keine nach allen Richtungen hin befriedigende Aufschlüsse gewinnen können. Die Ursache hierfür lag darin, dass mir von *A. filiformis* Pet. wenn auch ein reichliches, so doch nur getrocknetes Material aus Südfrankreich zur Verfügung stand. Ich habe es zwar durch die Behandlung mit warmem Wasser, dem einige Tropfen Ammoniak zugesetzt waren, in einen Zustand bringen können, der für die Festsetzung einer Anzahl noch zweifelhafter Punkte genügend war; über andere Details konnte ich aber nicht jene Sicherheit erlangen, welche mir zur Veröffentlichung meiner Beobachtungen nothwendig scheint.

Althenia filiformis hat wie alle in diese Familie gehörenden, mit einem kriechenden Rhizome versehenen Wasserpflanzen, eine Grundaxe, die nach Art eines Sympodium aufgebaut wird. Der Fortsetzungsspross tritt dabei, was ebenfalls allen diesen Gewächsen gemeinsam ist, aus dem zweiten, bodenwärts blickenden Blatte, das auf ein adossiertes, steriles, zenithwärts gestelltes Blatt folgt. Er ist zuerst nicht so kräftig entwickelt, dass er den Platz der eigenen Mutteraxe usurpiert, wirft aber diese doch schliesslich bei Seite und stellt sich

in die gerade Fortsetzung derselben. Die so gebildete Grundaxe ist fadenförmig und wird durch dünne Würzelchen am Boden befestigt, welche einzeln aus der unteren Seite des Knotens am zweiten Blatte hervortreten. Der bei Seite geworfene Theil der relativen Hauptaxe wird, wie uns gleichfalls bei allen ähnlichen Wasser- und Sumpfpflanzen (*Menyanthes*, *Comarum*, *Calla*, *Nelumbo*, *Potamogeton*, *Ruppia*, *Zannichellia* etc.) bekannt geworden ist, schliesslich durch einen Blüthenstand abgeschlossen. Er trägt zuvörderst ein drittes, zu dem fertilen Blatte von Niederblattnatur distich gestelltes Laubblatt mit scheidiger Basis, das unmittelbar das Rhizom berührt und in seiner Achsel einen Spross birgt, welcher als Bereicherungsspross die Grundaxe seitlich fortzuführen vermag. Die an dem Laubsprosse folgenden ein bis zwei bis drei Laubblätter erzeugen in der Regel keinerlei Seitenaxen; ich habe selbst keine Knospen nachzuweisen vermocht, während die obersten Blätter Blüthenständchen oder Blüthen hervorbringen, bis endlich die Axe selbst mit einer Blüthe abgeschlossen wird.

Wir verdanken Prillieux* eine recht eingehende und gründliche Schilderung über den Aufbau und die Sprossfolge dieses kleinen Wasserpflänzchens. Er machte uns damit bekannt, dass *Althenia filiformis* in der Anordnung der Blätter eine ungemein grosse Wandelbarkeit zeigt, indem distiche Systeme mit Anreihungen in gewundenen Zeilen, ja sogar mit superponierten Blättern wechseln.

Mir ist, wenn ich von den oben geschilderten Verhältnissen von *Amicia zygomeris* abstrahiere, kaum ein Pflanze bekannt, bei der die Unregelmässigkeit in der Stellung der Blätter einen gleich hohen Grad erreicht. Alle die von Prillieux mitgetheilten Abwandlungen, bis auf die in Fig. 3, wo in der Achsel eines Blattes zwei Inflorescenzsprösschen stehen, habe ich, nachdem ich allerdings mehr als hundert Sprosse geprüft habe, gesehen und ausserdem noch manche andere, wie z. B. Sprosse mit genau transversal gestellten Blättern aus der Achsel eines Deckblattes. Der von Eichler in den Blüthendiagrammen angegebene Fall, der mit Ausnahme einer »auf's Gerathewohl eingetragenen« Stellung der Cyklenglieder eine Copie der Prillieux'schen Fig. 2 darstellt, giebt nicht die einfachsten Verhältnisse wieder. Der einfachste Fall, der mir bei einem voll entwickelten Sprösschen begegnete, war der, demzufolge eine einzige weibliche Blüthe das Sprösschen beschloss; am Grunde derselben konnte ich das Rudiment eines Blüthchens desselben Geschlechts nachweisen, welches von einem kleinen Blättchen gestützt wurde. Sobald zwei voll entwickelte Blüthen sich vorfanden, war die eine fast ausnahmslos männlich; sie

* Prillieux in Annal. scienc. nat. V. sér. II. 169.

entwickelte sich so ausserordentlich viel früher als die zweite, die ebenso regelmässig weiblich war, dass ich sie nur fand, wenn ich Sprösschen in dem Knospenzustande untersuchte. Macht sich die letztere schon deutlich bemerkbar, so kann man die männliche Blüthe sehr leicht übersehen. Sie ist nämlich in dieser Zeit bereits so weit zerstört, dass ihre frühere Anwesenheit nur durch einen schmal-linealischen, fast fadenförmigen Körper angezeigt wird, der am untersten Grunde ein wenig zwiebelartig verdickt ist.

Hat man ein Sprösschen von etwas grösserem Umfange gewählt, so wird man in ihm stets zwei oder mehr Blüthen finden. Solche Aggregate zeigen nun auch immer die eigenthümliche Superposition von einem, zwei, zuweilen auch drei Blättern über dem letzten Laubblatte der Axe. Wenn nur ein oder zwei da sind, ist dieselbe gerade, so dass die Medianen in eine Ebene fallen, oder die seitliche Deviation ist nur gering; bei der Anwesenheit von drei Blättern dagegen bilden dieselben eine sanft aufsteigende gewundene Zeile.

Die Sprosse aus den Blättern unter den beiden letzten Stengelblättern verhalten sich in der ersten Entwicklung wie gewöhnliche Monocotylenzweige; sie beginnen mit einem adossierten Vorblatte, das eine reguläre Distichie einleitet. Bei den Seitenstrahlen aus den obersten beiden Blättern wird, wenn wieder laubige und erst dann mit Blüthen abgeschlossene Axen hervorbrechen, das adossierte Vorblatt gewöhnlich vermisst. Diese Sprosse besitzen zwar ebenfalls genau distich oder fast rein zweizeilige Blätter, die Symmetrale derselben liegt aber mehr oder minder schief zu dem Deckblatte, sie kann sich sogar mit der Mediane des letzteren rechtwinklig kreuzen.

Ueber die Natur der Blüthen, wie des Blüthenstandes sind unsere Kenntnisse in einzelnen Punkten lückenhaft. Durch meine Beobachtungen bin ich dahin gelangt, einige sicherere Erfahrungen hinzufügen zu können. Was zunächst die männliche Blüthe anbelangt, so besteht sie aus einem monothecischen Staubgefässe, welches in der Zeit, da es aufspringt, auf einem dünnen Träger steht. Dieser Zustand gestattet keine genaue Beurtheilung seiner Stellung mehr; ehe der letztere aber entwickelt ist, sieht man, dass er eine ganz bestimmte Lage zu einem der beiden letzten Blätter, welche dasselbe stützen, hat. Es kehrt ihm nämlich die Seite zu, welche von dem Connectiv wie ein breiter Rückennerv durchlaufen wird (Taf. V, Fig. 6, *Co*). Die Dehiscenzseite ist von demselben Blatte abgewendet. Unter der Anthere befindet sich ein Kranz von drei Zähnchen (Fig. 6, *pe*), die ebenfalls in regelmässiger Wiederkehr disponiert sind: das eine unpaare ist auf das Blatt zugewandt, die beiden anderen blicken nach dem Centrum des Sprösschens. Bezüglich der männlichen Blüthe hat

demgemäss Eichler in den Blüthendiagrammen, trotzdem er die Glieder dieses als Perigon angesehenen Cyklusses auf Gutglück eintrug, das Richtige getroffen.

Die weiblichen Blüthen haben ebenfalls ein Perigon, das aus drei relativ grossen, linealischen, am Ende gestutzten Blättchen zusammengesetzt wird. Die Elemente sind den drei Karpiden (Fig. 7 und 8, *pe*) infraponiert. Ihre Stellung ist so, dass die paarigen Karpiden das vorhandene Staubgefäss (Fig. 7, *ant*) berühren, während das einzelne abgewandt nach der Seite hin zeigt, wo sich das obere der beiden letzten Laubblätter befindet (Fig. 7, *cp* in seiner Lage zu φ').

Ist die Inflorescenz so weit compliciert, dass aus der Achsel des unteren Laubblattes eine Bereicherung eingetreten ist, so wendet die weibliche Blüthe auch hier dem Staubgefässe die paarige Seite des Karpidencomplexes zu. So weit meine Beobachtungen reichen, hat demgemäss Eichler, welcher die umgekehrte Stellung in seinem Diagramme eingetragen hat, die richtigen Verhältnisse verfehlt.

Wofür haben wir nun den Blüthenstand zu halten? Nach der Aufblühfolge, die sich, wie wir sehen werden, mit der Entwicklungsfolge genau deckt, müssen wir diesen Aggregaten einen cymösen Charakter zuerkennen. Die männliche Blüthe ist in diesem Falle stets als der Abschluss der relativen Hauptaxe anzusehen, wie schon Prillieux und Eichler zutreffend bemerkt haben. Die übrigen Blüthen, gewöhnlich nur weiblicher Natur, sind als aufeinander folgende Ausgänge von Axen höherer Ordnungen anzusehen. Eine Besonderheit nur ist diesen auseinander hervorgehenden Seitenstrahlen eigenthümlich, sie entbehren nämlich fast stets eines adossierten Vorblattes. Das einzige Phyllom, welches an ihnen auftritt, hat stets phylloskope Lage (Fig. 7, φ''). Da nun die Axe zweiter Ordnung aus der I. ebenfalls in phylloskoper Stellung auftritt, so ist der Complex ein sichelartiges Monochasium.

Diese Form der Inflorescenz hat uns bei den Betrachtungen über die Blattstellungen schon mehrfach beschäftigt. Ich äusserte dort die Meinung, dass von derjenigen Definition, welche die Zahl der Blätter an der Axe in Betracht zieht, Abstand genommen werden sollte. Ich sagte dort, es läge kein ersichtlicher Grund vor, dass nicht das erste Blatt an einem Lateralstrahle phylloskope Lage haben könnte, und dann würde natürlich jene Definition, die voraussetzt, dass bei der Sichel der Fortsetzungsspross aus dem zweiten Blatte treten müsste, hinfällig werden. In *Althenia* liegt ein solcher Spross vor. Wenn auch bei gewissen vegetativen Strahlen ein adossiertes Blatt die Phyllomanreihung anhebt, so ist in den Sicheln, so viel ich gesehen habe, ein solches niemals entwickelt. Aus dem Grunde, dass also *Althenia*

Sicheln besitzt, bei denen der Fortsetzungsspross aus dem ersten Blatte tritt, nimmt das Pflänzchen ein gewisses theoretisches Interesse in Anspruch.

Meine Bemühungen, entwicklungsgeschichtlich den gesammten Aufbau der Infloreseenz zu erforschen, waren theilweise nicht von dem gewünschten Erfolge. Diejenigen Zustände, welche der Umprägung der Hauptaxe in eine männliche Blüthe vorausgehen, konnte ich trotz sehr vieler Versuche nicht klar studieren. Ich habe zwar mannigfache Präparate gewonnen, in denen das Verhältniss vorliegen musste, sie erwiesen sich aber als nicht genügend tauglich; an diesem Misserfolge trug das mir zur Verfügung stehende Material die Schuld. Namentlich über einen sehr wichtigen Punkt ist es mir nicht gelungen, einen Aufschluss zu erhalten: über die Zeit nämlich, wann, und über die Art und Weise, wie sich das Perigon der männlichen Blüthe ausgliedert. So viele Objekte ich auch untersuchte, ich fand dasselbe, sobald sich das Staubgefäss in seiner Form erkennen liess, schon entwickelt vor. Ueber diese Angelegenheit sind also erneute Untersuchungen sehr erwünscht. Die Stellung der Perigonzipfel ist nun so, als ob auf eine Seitenaxe ein dorsaler Contaktkörper eingewirkt hätte und jene von einem Deckblatte umfasst worden wäre. Wie Fig. 7 (*pe* an *ant*) zeigt, sind, trotzdem dass das Staubgefäss aus einem Axenende hervorgeht, doch beide Bedingungen erfüllt. Als Rückencontakt kann nämlich sehr wohl der Seitenspross *pr'* aus dem obersten Laubblatte fungiert haben, das vorletzte Blatt* hat dann die Rolle eines Deckblattes bei der Anlage des Perigons an dem Staubgefässe gespielt.

Bei der Anlage des Lateralstrahles aus dem oberen Laubblatte funktioniert wohl sicher der relativ sehr kräftige Staubgefässkörper als Rückencontakt; das eigene Deckblatt aber, d. h. das oberste Laubblatt, als Vordercontakt und diesen Bedingungen gemäss ist auch die Blüthe orientiert (Fig. 7, *pr'*). So lange die Begleitblätter der Sichel alle in eine Zeile fallen, weisen die noch folgenden Blüthen, da sie immer unter gleichen Bedingungen stehen, dieselbe Disposition auf. Ob eine Aenderung eintritt und welcher Art dieselbe ist, sobald jene sehr eigenthümliche Stellung in gewundenen Zeilen sich einstellt, kann ich nicht sagen. Dass die Anreihung zu diesem Schraubenarrangement der Blätter bereits in der ersten Anlage derselben begründet ist, habe ich mehrere Male gesehen (vergl. Fig. 7, φ'' zu φ').

* In dem Präparate, das dargestellt worden ist, mussten die beiden Spathablätter, um den Gipfel sichtbar zu machen, abgetragen werden. In Fig. 7 liegt das untere vor *ant*, das obere vor φ'.

Den Fall, an dem das Ende der Hauptaxe in eine weibliche Blüthe aufging, habe ich einmal in relativ frühem Zustande wahrgenommen und in Taf. V, Fig. 8 zur Anschauung gebracht. Der Gipfel überragte die beiden letzten Blätter so weit, dass eine Abtragung derselben, um ihn sichtbar zu machen, nicht nöthig war: *a* ist das untere, *b* das obere Spathablatt; in der Achsel des letzteren erfährt die von Fig. 7 her bekannte Sichelbildung ihren Anfang; der grosse Körpe *Ax* ist der erste Seitenstrahl aus der Achsel von *b*, er hat das Blatt φ in phylloskoper Stellung hervorgebracht. Was aus ihm werden wird, ist schwer zu sagen; ich möchte glauben, dass er sich zu einem Staubblatte entwickeln könnte, allerdings ist es auch möglich, dass er den Grundkörper für einen vegetativen Spross darstellt. Von Interesse für uns ist hauptsächlich die Orientierung der weiblichen Blüthe: sie hat bezüglich der Perigon- und Karpidenstellung genau dieselbe Lage wie die männliche Blüthe bezüglich der drei Perigonläppchen, zwei Glieder stehen nach rückwärts, eins nach vorn. Von der Anschauungsweise aus, die wir pflegen, hat diese Disposition nichts Ungewöhnliches oder Ueberraschendes, denn wir wissen, dass, da der Rückencontakt durch *Ax* und die Stirnumfassung durch *a* genau dieselben sind, wie bei der männlichen Terminalblüthe, die Disposition füglich nicht anders sein kann.

Sollen nun die drei Karpiden für die Homologa dreier Blätter angesehen werden? Ich gestehe, dass ich nicht vermag, eine bestimmte Antwort darauf zu geben; aus dem vorher Mitgetheilten wird klar sein, dass es nur darauf ankommt, welche Analogieen zum Vergleiche herangezogen werden, um das Urtheil über die Körper zu bestimmen. Für mich hat eine definitive Entscheidung über die Frage ein minderes Interesse, mir ist vielmehr von Bedeutung, dass wir Neubildungen vor uns haben und dass die Stellung derselben durch den herrschenden Contakt eine fixe ist.

Der Aufbau des mit Blüthen beladenen Sprösschens vollzieht sich also in folgender Weise: Die Axe geht (Fig. 7), nachdem sie die beiden hier entfernten Spathablätter, das untere vor *ant*, das obere auf der gegenüberliegenden Seite, erzeugt hat, in eine Blüthe aus (*ant*). In der Achsel des oberen Spathablattes erscheint ein Seitenstrahl *pr'*; dieser bringt ein einziges phylloskopes Blatt hervor φ'. Aus der Achsel des letzteren entsteht wieder ein Seitenstrahl *pr''*, der abermals ein einziges phylloskopes Blatt entwickelt φ''. Entweder liegt dasselbe genau in der Mediane oder es hat eine seitliche Abweichung, welche in der Figur dargestellt ist. Der Modus der Ausgliederung kann sich nochmals wiederholen, wodurch dann die Sichel aus vier Gliedern aufgebaut wird.

Von selbst muss sich uns die Frage aufdrängen, warum wird bei den *Althenia*-Sicheln das adossierte Vorblatt vermisst? Die Erscheinung ist um so auffallender, als die Laubsprosse aus der Achsel der unteren Blätter regelmässig mit demselben versehen sind. Eine Lösung der Frage wird vielleicht durch eine Betrachtung der Primordien herbeizuführen sein. Ich habe theils früher schon, theils im Verlaufe dieser Untersuchungen die Entwicklung einiger Seitenstrahlen monocotylischer Gewächse zu geben versucht und habe dabei gezeigt, dass das Primord derselben in der Form eines flachen Scheibchens auftritt. An diesem wird denn gewöhnlich durch eine seichte, mit dem äusseren Contur ungefähr parallel verlaufende Furche ein schmaler Saum, der wie ein oberes Augenlid aussieht, abgeschnitten. Die Anlage der Seitenstrahlprimordien ist aber, wie Fig. 7 zeigt, von der beschriebenen Form durchaus abweichend. Es tritt sogleich als ein kräftiger Körper, der einer Kugelkalotte gleicht, in die Erscheinung.

Durch die Einschaltung neuer Körper zwischen der Hauptaxe *ant* und dem oberen Spathablatte, die sich einer serialen Sprossschaar analog verhalten, wird bestimmt darauf hingewiesen, dass sich Dehnungserscheinungen in dem Achselgrunde des zweiten Spathablattes geltend machen, welche den Raum für die Aufstellung jener Körper schaffen. Bei solchen Einschaltungen muss eine Abrückung des Blattes von der letzten Axe statt haben. Diese wiederum wird die Vorderseite jedes Primords in den Zustand günstiger Anlagebedingungen versetzen und die letzteren dürften wohl für die phylloskope Entstehung der Blätter ausschlaggebend sein.

Bezüglich der theoretischen Auffassung der Blüthe habe ich mich noch über die Natur der drei Läppchen unterhalb der Anthere, sowie der drei Blätter, welche den Karpiden infraponiert sind, zu äussern. Dass die Anthere selbst ein axiles Organ darstellt, kann nach der Entwicklungsgeschichte, sowie nach dem Vergleich mit *Zannichellia* und *Najas* kaum zweifelhaft sein. Ueber jene Phyllome aber ist wenigstens in Hinsicht der weiblichen Blüthe eine andere Auffassung laut geworden. Prillieux hat nämlich die Meinung vertreten, dass der Körper, welchen ich in Uebereinstimmung mit Eichler bisher als weibliche Blüthe angesehen habe, ein Blüthendrilling wäre, und dass jedes Element des Complexes von einem Deckblatte gestützt würde. Die Argumente, welche Eichler für seine Auffassung ins Feld führt, sind die Quirlstellung der Karpiden und die Homologie der drei Blätter mit dem allgemein und auch von Prillieux als Perigon angesehenen Zahnkranze unter der männlichen Blüthe. Zumal das letzte Moment erscheint mir als durchaus stichhaltig. Die Schwierigkeit,

welche EICHLER aus der Superposition der Perigonblätter mit den Karpiden erwuchs, ist für mich nicht vorhanden, denn wie meine Figuren zeigen, liegt der Vegetationskegel in dem Augenblicke, wo die Karpiden erscheinen, so hoch über den Anlagen der Perigonblätter, dass der Contakt mit jenen Blattprimordien gelöst ist. Er befindet sich demgemäss gleich der Blüthe von *Scirpus* und *Eriophorum* wieder unter den gleichen Anlagebedingungen, welche die Stellung des vorausgehenden Cyklusses hervorriefen, und diesen entsprechend wird die Stellung die nämliche.

Die letzte Frage, welche vielleicht noch eine kurze Erörterung verdient, ist folgende: Kann für beide Blüthen, die männliche und weibliche, ein gemeinschaftliches Urbild construiert werden? Sie ist deshalb von Bedeutung, weil sie eine wichtige theoretische Erwägung streift, die nämlich, ob Blüthen getrennten Geschlechtes nur durch Reduktion aus einem hermaphroditen Grundplane oder auch durch Erzeugung differenter Geschlechtszellen in einem morphologisch gleichen Anlagekörper entstehen können. Die Morphologen haben sich über diese Angelegenheit verschieden geäussert; sie ist gelegentlich der Discussion der Weidenblüthe zur Sprache gebracht worden. Da ich später einmal auf diese zurückzukommen gedenke, so will ich nur kurz bemerken, dass ALEX. BRAUN und DÖLL der Ansicht waren, dass Staubblätter und Stempel in der Weidenblüthe morphologisch einander gleich zu setzen seien, dass also dieselben Phyllomprimordien einmal Pollenkörner, ein andermal Samenanlagen erzeugten. HEINRICHER dagegen hat auf Grund des Vorkommens einer Zwitterblüthe neuerdings die Ansicht verfochten, dass die Blüthen durch Abort ihren differenten Charakter erhalten haben. Nun ist aber die Stellung der Fruchtblätter in jener beschriebenen Blüthe median, während sie in den weiblichen sonst transversal ist; hier muss also eine Drehung angenommen werden, da dieselbe reell nicht vorstellbar ist, so kann sie nur als congenital vollzogen gesetzt werden.

Mit Hülfe der üblichen Gepflogenheiten ist es natürlich leicht thunlich, für *Althenia* (dasselbe gilt mit gewissen Modifikationen auch für *Zannichellia*) ein hermaphrodites Schema zu gewinnen, wir haben nur von den beiden Cyklen auszugehen, die an der weiblichen Blüthe vorhanden sind. Schalten wir nämlich noch einen Perigonkreis, ferner zwei Staubblattwirtel ein, so haben wir, was wir brauchen. Man könnte sich aber auch denken, dass schon ein einziger mit den Perigonblättern abwechselnder Staminalwirtel genügte, denn unter beiden Voraussetzungen würde die Forderung der regelmässigen Alternanz bereits hinreichend befriedigt sein. In der männlichen Blüthe wäre dann durch Reduktion der drei Karpiden und der zwei

dorsalen Staubblätter die definitive Form zu Stande gekommen; bei der weiblichen würde die Reduktion der drei Staubblätter der endlichen Gestaltung Genüge leisten.

Diese Operation mit Punkten und Strichen auf dem Papiere ist viel zu häufig geübt worden, als dass sie bei vielen Morphologen Anstoss erregen könnte. Mit der Begründung der Vornahme sieht es freilich schlimm aus. Mit Ausnahme der Vorstellung, dass sich im Laufe der Dinge alle Formen aus den regelmässig alternierenden Complexen abgeleitet haben müssten, ein Satz, der doch nur dogmatisch aufgestellt, aber nicht bewiesen worden ist, wird sich schwerlich ein anderes Argument dafür aufbringen lassen. Weder die Entwicklungsgeschichte, noch der Vergleich mit unmittelbar benachbarten Gestalten giebt einen Beleg für die Richtigkeit des Gedankens an die Hand. Will man einen Entscheid über die Frage geben, so erscheint mir die Annahme, dass der Scheitel eines Sprosses einmal Pollenmutterzellen erzeuge, ein andermal Samenanlagen hervorbringe, besser, weil sie die Angelegenheit einfacher erklärt.

c. Die Familie der Najadaceae.

Sie umfasst nur die einzige Gattung *Najas*, von der gegenwärtig noch nicht 20 Arten beschrieben sind. P. Magnus* hat eine sehr sorgfältige Monographie über die kleine Familie veröffentlicht, die sich allerdings in erster Linie mit dem morphologischen Aufbau des vegetativen Sprosses und der Blüthen, sodann mit der Anatomie befasst, während der systematische Theil mehr cursorisch behandelt wird, wenn auch die wichtigsten Grundlagen für die systematische Gliederung gegeben sind. Später hat er in gedrängterer Form eine Uebersicht über die hier obwaltenden Verhältnisse in den von Engelr u. Prantl** herausgegebenen natürlichen Pflanzenfamilien mitgetheilt. Die von Eichler*** in den Blüthendiagrammen entworfene Schilderung ist ebenfalls auf die erwähnten Untersuchungen von Magnus begründet.

Ich habe im Grossen und Ganzen die Magnus'schen Beobachtungen bestätigen können, nur in einigen Details glaube ich von ihm abweichen zu müssen. In der Zurückführung der Blüthenverhältnisse auf Homologieen mit benachbarten Monocotylen haben die Botaniker die von Magnus vorgetragenen Meinungen im Allgemeinen

* P. Magnus, Beiträge zur Kenntniss der Gattung *Najas*. Berlin 1870.

** P. Magnus, Die *Najadaceae* in Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien II (1), 214.

*** Eichler, Blüthendiagramme I, 80.

nicht angenommen; auch ich bin zu abweichenden Resultaten gekommen.

Als Untersuchungsmaterial diente mir vor Allem *Najas graminea* Del., die ich in Spiritus conserviert unter den Objekten des königlichen botanischen Museums zu Berlin vorfand; auch *Najas major* L. konnte ich in gutem Erhaltungszustande auf gleiche Weise conserviert prüfen; dagegen war *N. minor* L. weniger schön erhalten. Wenn schon ich auch von ihr den Vegetationskegel studieren konnte, so gewann ich doch keine guten, für die Verwendung einwurfsfreien Präparate. Dagegen erwiesen sich mir getrocknete Exemplare von *N. guadeloupensis* Spr. var. *Gollmeriana* A. Br. und *N. arguta* H. B. Kth., die in Wasser mit einigen Tropfen Ammoniak aufgeweicht waren, als gute Untersuchungsobjekte.

Die Präparation des Vegetationskegels aller *Najas*-Arten ist ein ganz leichtes Geschäft, man kann sie sich in kurzer Zeit in jeder beliebigen Menge verschaffen. Die Untersuchung derselben gehört aber zu den schwierigeren Aufgaben entwicklungsgeschichtlicher Studien. Die Körperchen sind nämlich ganz ausserordentlich klein: ein Kegel, der sechs Blätter angelegt hat, misst nur 0,15—0,20 mm. Dieser Umstand bedingt, dass man sie ausserhalb des Wassers von dem Scheitel her nur mit sehr starken Vergrösserungen unter Zuhülfenahme von sehr intensiver künstlicher Beleuchtung betrachten kann. Ich verwandte zur Untersuchung Zeiss D. Die Kürze der Fokaldistanz gewährt dabei nur sehr begrenzte Bilder der Höhe nach. Ein anderer sehr empfindlicher Uebelstand liegt darin, dass diese winzigen Gebilde ungemein schnell vertrocknen und unbrauchbar werden. Beide Missverhältnisse machten es mir nicht möglich, gute Scheitelansichten mit Hülfe des Zeichenapparates zu entwerfen. Ich musste daher zu dem Aushülfsmittel greifen, die Vegetationskegel mit Kalilauge durchsichtig zu machen und sie bei durchfallendem Lichte zu studieren; dabei trug ich allerdings Sorge, durch eingeschobene Stützen den Druck des Deckglases fern zu halten; ferner rollte ich die Körperchen vorsichtig, um sie von allen Seiten betrachten zu können. Ein wichtiges Ergebniss gewann ich allerdings durch die Beobachtung zahlreicher senkrecht gestellter Vegetationskegel bei Oberlicht, dass nämlich die Neubildungen im lückenlosen Contakte mit den bereits vorhandenen Organen stehen.

Im Folgenden soll zunächst eine Schilderung des Sprossaufbaues von *Najas major*, die durch grössere Internodien eine klare Uebersicht gewährt, gegeben werden. Sie ist sehr regelmässig dichotomisch verzweigt und trägt an den Gabelstellen zwei paarig genäherte Blätter, von denen man wegen der scheidigen Basis leicht das obere Element

von dem unteren trennen kann. Das letztere umgreift die Axe unterhalb der Gabelung etwa zur Hälfte, das erstere umfasst den einen der beiden Aeste. Wollen wir den Aufbau des Sprosses verstehen, so ist es zuvörderst nöthig, über die Natur der Gabeläste ins Klare zu kommen. Richtet man den Zweig, welcher von dem zweiten oberen Blatte umfasst wird, gerade auf, und bringt ihn in die direkte Fortsetzung des unteren Internodiums, so wird sogleich deutlich, dass dieser als die Hauptaxe aufgefasst werden kann, während der Zweig in der Achsel des unteren Elementes unseres Blattpaares als ein Seitenstrahl anzusehen ist. Ganz am Grunde dieses Zweiges sitzt nun ein drittes, zuweilen nicht mehr scheidig umfassendes Blatt, welches sich dem Paare in ähnlicher Weise zugesellt, wie wir dies früher bei *Zannichellia* beobachtet haben; allerdings setzte sich dort die Hauptaxe nicht fort; an Stelle des Monopodiums lag bei *Zannichellia* ein Sympodium vor.

Das am Grunde nicht stets scheidige erste Blatt des Seitenstrahles aus dem unteren Blatte jedes Paares ist somit der dritte Genosse jener Dreierquirle, die für die *Najas*-Arten so charakteristisch sind. Betreffs der Stellung desselben finden wir die Angabe, dass es schief nach hinten in Bezug auf das Deckblatt des Sprosses orientiert sei. Es ist an entwickelten Sprossen nicht immer leicht, die Abweichung von der transversalen Stellung festzusetzen.

Haben wir die mittlere Region eines Sprosses von *Najas major* vor uns, so finden wir auf der dem ersten Blatte des Seitenstrahles gegenüberliegenden Seite eine Blüthe, die von einem Deckblatte nicht gestützt wird. Sie ist nackt. *Najas major* ist diöcisch, deswegen ist die Blüthe an einzelnen Exemplaren männlich, an anderen weiblich. Ueber die Beschaffenheit dieser Blüthen wollen wir vorläufig mit Stillschweigen hinweggehen, sie sollen uns später weiter beschäftigen.

Fassen wir den nächsten Knoten in's Auge, so finden wir die gleichen Verhältnisse, wiederum tritt uns ein Blattpaar entgegen, von dem das eine Element einen Zweig in der Achsel mit einem am Grunde befindlichen Blatte und einer gegenüberstehenden Blüthe trägt, das also fertil ist, wogegen das höhere Blatt die Hauptaxe umfasst und steril bleibt. Während aber in den allermeisten Fällen die *Fluviales*, so lange sie sich monopodial entwickeln, ihre Blätter in zwei Zeilen gestellt zeigen, macht sich bei *Najas major* eine andere Anreihung geltend. Das untere Blatt des oberen Paares divergiert nämlich deutlich gegen das des unteren Paares und in gleichem Sinne haben die Medianen der oberen Blätter beider Paare einen deutlichen Richtungsunterschied gegen einander. Im ferneren Verlaufe

wird diese Divergenz stets gleichsinnig eingehalten und so umkreisen die Verbindungscurven der Unter- und der Oberblätter für sich die Axe in zwei gewundenen Zeilen.

Gemeinlich wird als selbstverständlich vorausgesetzt, dass die Elemente des Paares an jedem Knoten einander gegenüberstehen, dass sie also um 180° divergieren. Betrachtet man die von Magnus und Eichler mitgetheilten schematischen Diagramme, so gelangt zwar in einzelnen Bildern dieser Gedanke zum graphischen Ausdrucke; daneben aber finden sich solche, bei denen von der Geradüberstellung beider Blätter eine Abweichung deutlich zu erkennen ist.

Ich habe diese Winkel dadurch gemessen, dass ich einen Sprossgipfel von *Najas major* mit zwei grösseren Blattpaaren abschnitt, hierauf durchstach ich mit einer sehr feinen Nadel die Axe möglichst genau in der Mitte und stellte das Präparat derart auf einen Bogen weisses Papier mit dem Kopfe nach unten, dass die Mittelnerven selbst die Punkte bezeichneten, durch welche die Divergenzstrahlen von dem axilen, durch den Nadelstich bezeichneten Fixpunkt gezogen werden mussten. Ich hatte die Blattspitzen abgeschnitten und den Ort, wo der Mittelnerv lag, mit schwarzer Farbe betupft, so dass bei der Berührung mit dem Papiere ein Selbstabdruck erzeugt wurde; theilweise markierte ich auch die betreffenden Stellen mit einem Bleistifte.

Die Werthe, welche ich auf diese Weise erhielt, schwankten zwischen 161° und 172°, einen gestreckten Winkel habe ich dagegen nicht beobachtet. Der Richtungsunterschied zwischen zwei entsprechenden Blättern zweier Paare betrug zwischen 22° und 32°; bei *Najas minor* und *flexilis* scheint der Winkel bedeutend grösser zu sein und nahe an 90° heranzukommen.

Nicht alle Arten von *Najas* besitzen die eigenthümliche Tracht von *Najas major*, welche sich als regelmässig fortgesetzte Gabelung kennzeichnet. Bei *Najas graminea* Del. tritt vielmehr der monopodiale Aufbau mit einem Hauptstämmchen klarer hervor. Ihm gegenüber fallen die Seitenaxen in der Achsel des unteren Blattes weniger in die Augen, deshalb ist diese Pflanze für das Verständniss nicht selten durchsichtiger als jene. So wenigstens fand ich die Verhältnisse an den Pflanzen, welche durch Penzig aus Italien eingesandt worden waren. Diese Differenz macht sich in den frühesten Stadien der Entwicklung bemerkbar, wie aus der nun folgenden Schilderung klar werden wird.

Der Vegetationskegel von *Najas graminea* hat eine schlanke, fast cylindrische Gestalt (Taf. VI, Fig. 1) mit sehr allmählicher Verjüngung nach oben und abgerundeter Kuppe. In einiger Entfernung von der

Spitze bemerkt man das Auftreten eines Doppelprimords. Zugleich mit seiner Ausgliederung muss eine erhebliche Dehnung dieser Seite Hand in Hand gehen, denn auf andere Weise ist eine starke Ueberkippung nach der gegenüberliegenden Seite nicht zu erklären. Ich habe die Abweichung der Kegelaxe von der unteren Axenseele bis zu 25° gemessen*; in der von mir mitgetheilten Figur ist der Winkel aber geringer. Das Doppelprimord stellt, wie Vergleiche mit den unteren Ausgliederungen der Axe zeigen, ein Blatt mit seinem Achselsprosse dar. Nach den Erfahrungen, die wir an den entwickelten Pflanzen gesammelt haben, muss das Blatt ein unteres sein, denn das zweite hat keinen Spross in seiner Achsel. In der That zeigt sich auch weder bei der ersten Anlage des bald nach dem Doppelprimord erscheinenden oberen Blattes noch in den späteren Zuständen die leiseste Andeutung eines Seitenstrahles aus seiner Achsel.

Bald nachdem die beiden Elemente eines Paares erschienen sind, umfasst ein Ringwall den Scheitel. Zuerst greift die Basis des unteren Blattes nach und nach um den Kegel herum, ehe aber der Verschluss erfolgt ist, tritt der zweite Genosse des Paares hervor, indem er den Platz einnimmt, der zwischen den Rändern des Walles offen bleibt. Die Entstehungsbedingungen für das letztere sind also die nämlichen, welche wir oben bei den distichen Blättern verfolgt haben. Da nun die Scheidenhälften der ausgebildeten Blätter völlig oder nahezu symmetrisch gestaltet sind, so ist es im hohen Grade wahrscheinlich, dass der ersten Anlage nach die Blätter eines jeden Paares genau um 180° divergieren, oder im Richtungsunterschiede nur wenig von einem gestreckten Winkel abweichen.

Das Primordium des Achselsprosses aus dem unteren fertilen Blatte dehnt sich nach seiner Entstehung sehr schnell in zum Deckblatte transversaler Richtung und gewinnt die Form einer Ellipsoidkappe. In der Mitte derselben verläuft senkrecht zur langen Axe eine seichte Furche, die einen Zerfall in zwei Sonderkörper bewirkt (Taf. VI, Fig. 1 *fl''* und *f''*). Die Furche wird durch das vermehrte Längenwachsthum beider vertieft, sie werden von einander besser geschieden und wachsen ziemlich schnell zu zwei gut charakterisierten Gebilden heran: das eine umgiebt sich mit einem circulären Ringwalle, dem oft ein zweiter folgt, man erkennt deutlich, dass er zu einer Blüthe wird; der andere ergiebt einen Seitenstrahl; erst viel später erscheint jenes Begleitblatt der Blüthe, welches mit dem benach-

* MAGNUS hat an trockenem Materiale diese Knickung (l. c. 31) nicht gesehen; sie ist stets deutlich, nur muss man darauf achten, dass sie nicht gerade in die Ebene senkrecht zum Objektträger fällt, dann ist sie natürlich nicht wahrzunehmen.

barten Blattpaare den oben von uns kennen gelernten Dreierwirtel bildet. Zugleich sprossen aus dem Blattgrunde jene kleinen Trichome hervor, die uns bei den anderen *Fluviales* unter dem Namen *Squamulae intravaginales* so oft begegnet sind.

Das Ober- wie das Unterblatt jedes Paares umfasst die Axe mit scheidigen Basen. Wir müssten also erwarten, dass sich gemäss den zahlreichen Erfahrungen, die wir bei den distich gestellten Blättern gemacht haben, auch die folgenden Blätter in der gleichen Anreihung aufstellen sollten. In der That hat man die Meinung vertreten, dass die Disposition der Blätter in zwei gewundenen Zeilen durch eine spätere Drehung aus zwei Geradzeilen entstände, dass also ein ähnliches Verhältniss vorläge, wie jenes, welches man ehedem allgemein bei *Pandanus* in seiner Blattstellung voraussetzte. Nachdem wir aber gesehen haben, dass überall diese Stellungen ursprüngliche sind, dass solche Drehungen nur in der Vorstellung existieren, dass ihnen aber eine reelle Existenz abgeht, werden wir auch hier zunächst diesem Gedanken keine weitere Folge geben können. Ein Blick auf die Fig. 1, Taf. VI zeigt denn auch auf das Schlagendste, dass die Blätter bereits an der Spitze des Sprosses eine Disposition einhalten, welche mit derjenigen in zwei gewundenen Zeilen zusammenfällt: wir brauchen nur ff', ff'', ff''' in ihrer Lage verfolgen, so wird der Sachverhalt ohne weiteres klar. Diese Blätter sind die fertilen der drei Paare, die ich, da sie ein vornehmliches Interesse beanspruchen, so gezeichnet habe, dass sie auf den Beschauer zugekehrt sind. Die sterilen Oberblätter stehen jenen gegenüber, sie müssen also eine ähnliche Zeile darstellen.

Wenn nun die Contakte die Orte der Neubildungen bedingen, so müssen bei *Najas* gewisse Verhältnisse obwalten, die von den Anlagebedingungen distich gestellter Blätter verschieden sind. Wiederum haben wir nur nöthig, uns den Vegetationskegel aufmerksam zu betrachten, um die Abweichungen aufzufinden. In der Regel ist der Scheitel solcher Axen, welche zweizeilig gestellte Blätter hervorbringen, sehr flach; diese Form zeigte er uns bei den meisten *Potamogeton*-Arten, bei *Althenia*, bei den Gräsern und *Iridaceen*, unter den Dicotylen bei *Amicia*, *Vitis* u. s. w. Hier ist er schlank und überragt die jüngsten Anlagen um ein bedeutendes. Da aber *Potamogeton perfoliatus* und *densus* auch in der vegetativen Sphäre schlanke und die Blätter hoch überragende Kegel besitzen, so kann in dieser Eigenthümlichkeit die Ursache für eine Abweichung von der fortgesetzten Distichie nicht liegen. Wir sehen übrigens auch leicht ein, dass der Umstand, den wir als die Ursache der Distichie erkannt haben, nämlich die scheidige Umfassung des Kegels durch eine symmetrische

Scheide, von der Höhe des Kegels nicht beeinflusst wird und dass die bedeutendere Erhebung des letzteren somit die Ursache einer abweichenden Anreihung der Blätter nicht sein kann.

Eine andere Verschiedenheit bietet sich uns in der Thatsache, dass die Ausgliederungen am Vegetationskegel differenter Natur sind: einmal entsteht ein Doppelprimord, aus Blatt und Achselspross bestehend, dann ein einfacher Körper, das obere Blatt. Diese Erscheinung ist uns bei den Pflanzen mit fortgesetzt zweizeiliger Anreihung der Phyllome nicht begegnet, ihr werden wir deshalb eine vorzügliche Aufmerksamkeit schenken müssen.

Ich habe schon Eingangs bemerkt, dass ich an sehr vielen Vegetationskegeln von *Najas graminea* die Beobachtung gemacht habe, dass die jüngsten Organe an denselben in lückenlosem Contakte stehen. Auch die von mir mitgetheilte Figur zeigt in der Seitenansicht, dass der Anschluss der benachbarten Organe an das Blatt *ff''* ein durchaus inniger ist. Es wird links berührt von dem Achselprodukte aus *ff'* und rechts von dem Blatte *fst'*. Diese beiden Körper sind demgemäss die Contaktorgane für *ff''* gewesen und in der gleichen Weise fungieren für jede Neuanlage eines fertilen Blattes das Primordium aus der Achsel des nächst älteren Blattes und das diesem entsprechende sterile Blatt als Contaktkörper.

Aus dieser Wahrnehmung wird zunächst offenbar, dass das frühzeitige und mächtige Auftreten des Seitensprosses aus dem unteren Blatte für das Zustandekommen der Distichie störend wirkt. Dasselbe ragt so hoch an dem Vegetationskegel empor, dass zwischen ihm und dem sterilen Blatte ein Raum zur Besetzung mit einer Neubildung frei bleibt. Die Erscheinung, dass ein sehr früh auftretendes Primord in der Achsel eines Blattes besondere und eigenthümliche Blattanreihungen bedingen kann, ist für uns nicht neu; ich brauche nur an die *Cucurbitaceae*, an *Canna* und *Musa* zu erinnern. Wenn wir nun auch im Allgemeinen die Ursache festgesetzt haben, so bleibt doch immer noch übrig zu erklären, warum der Abweichungswinkel des oberen Blattpaares gegen das vorhergehende einen so geringen Betrag aufweist. Wären die beiden Blätter eines Paares vollkommen gleich mächtig entwickelt, so müssten sich diese Paare unter 90° kreuzen. Hier tritt nun ein Faktor bestimmend ein, der es auch wahrscheinlich bedingt, dass die Richtungsunterschiede der Paare variabel sind.

Sehen wir uns nämlich nochmals die Figur an, welche von *Najas graminea* mitgetheilt ist, so nehmen wir wahr, dass der Ort der Neubildung zweifelsohne abhängig ist von dem Maasse, in dem das sterile Blatt den Stengel umgreift, dass also der zwischen dem Achselsprosse

aus dem fertilen Blatte und der ersten Anlage des sterilen zur Besetzung verfügbare Raum durch die Scheide des letzteren eingeengt wird. In der Bucht, welche diese beiden Organe bilden, liegt stets der Herd der Neubildung, d. h. des fertilen Blattes des folgenden Knotens. Dass der Theil der Axe, welcher von der Scheide des sterilen Blattes bedeckt wird, nicht immer denselben Betrag erreichen muss, wird klar sein, wenn man auch nicht im Stande ist, eine genaue Messung wegen der oben angeregten Uebelstände auszuführen. Die Inconstanz der Grösse muss aber eine Variation in dem Anlageorte zum Gefolge haben.

Vorläufig haben wir nur den Erfolg zu verzeichnen, dass wir die Entstehung des Richtungsunterschiedes zwischen einem Blattpaare und dem folgenden fertilen Blatte unserem Verständniss nahe gebracht haben. Es bleibt nun noch übrig, die für jede formale Auffassung ganz unerklärliche Thatsache zu begründen, dass der Partner dieses Blattes genau gegenübersteht. Die Nothwendigkeit der Stellung geht schon aus der von mir oben geschilderten Entwicklung des Sprosses hervor. Ich habe dort gesagt, dass das fertile Blatt die Axe mi einem symmetrisch zur Mediane geformten Ringwall umzingelt. Da nun jede Neuanlage den tiefsten freien Ort an dem Vegetationskegel einnimmt, so stellt sich die zweite Componente des Paares dahin, wo die Scheidenspalte liegt, d. h. beide Blätter divergieren um 180°.

Von Magnus und anderen Autoren ist auf die Regelmässigkeit in der Anordnung der beiden Theilprodukte des Sprosses aus dem fertilen Blatte schon gebührend hingewiesen worden. Sie haben gezeigt, dass die Verbindungscurve der Blätter an allen Zweigen eines Sprosssystems gleichwendig ist, dass also sämmtliche Aeste homodrom sind. Dabei können aber zwei verschiedene Individuen beide Spiralrichtungen einhalten. Die Blüthe hat am Sprosse immer die Stellung, dass sie bei rechts (im Sinne des Uhrzeigers) verlaufendem Curvengange der Blätter rechts liegt und umgekehrt.

Nachdem wir gefunden haben, dass die Annahme einer secundären Drehung zur Erzeugung des eigenthümlichen Blattstellungsverhältnisses von *Najas* nicht herbeigezogen werden kann, wird doch bei einer Reihe von Fachgenossen der Gedanke mit ungeschwächter Kraft fortbestehen, dass an dieser Drehung, diese aber phylogenetisch genommen, festzuhalten sei, dass die Gattung *Najas* von Formen mit distich gestellten Blättern abstamme. Mit der Prüfung dieses Gedankens verlassen wir den Boden der exakten Thatsachen und treten in die Sphäre der Speculation. Freilich können wir uns in ihr viel leichter und unbeschränkter bewegen, wir müssen aber nicht vergessen, dass in dem Maasse die Sicherheit unserer Schlüsse abnimmt, als wir in

jenem Gebiete vorwärts gehen. Dem heutigen Stande unserer Wissenschaft entspricht es, phylogenetische Betrachtungen anzustellen, die Speculation über die Vorgänger unserer Pflanzenwelt wird gegenwärtig als nothwendig gefordert. Wenn ich eine Antwort geben müsste auf die oben angeregte Frage, so könnte sie nur dahin lauten, dass mir ein Entscheid über sie nicht möglich scheint. Die scheidige Ausbildung der Blattbasen, vorausgesetzt, dass sie wirklich ererbt und nicht erst später erworben ist, worüber wir natürlich gar nichts bestimmtes aussagen können, wird für viele den Gedanken nahe legen, dass die Voreltern mit distich gestellten Blättern ausgerüstet gewesen seien. Dagegen muss aber wieder erwogen werden, dass in diesem Falle die asymmetrische bez. symmetrische Entwicklung der Scheide von grösster und ausschlaggebender Bedeutung ist. Ich habe bestimmt in den oberen Blättern beide Verhältnisse gefunden, diese Thatsache erschwert eine Festsetzung darüber, wie die Vorfahren ausgesehen haben, ehe jenes die gegenwärtige Blattstellung bedingende Moment eintrat, sehr erheblich. Endlich fehlt uns jedes sichere Vergleichsobjekt, um die *Najadaceae* nach ihrer Abstammung abzuschätzen, da sich alle verwandten Gruppen in ihrer floralen Sphäre sympodial aufbauen, während die uns jetzt beschäftigende Gattung monopodiale Sprosssysteme besitzt.

Wer freilich die ganze Frage mehr en gros fasst und in den angeregten Bedenken nur höchst unwesentliche Nebendinge erkennt, für den wird die zweifellose Abstammung der *Najadaceae* von einer der übrigen Familien der *Fluviales* eine ausgemachte Thatsache sein.

Ich habe oben gesagt, dass die Tracht der *Najas*-Arten eine verschiedene ist und dass sich diese Differenz bereits am Vegetationskegel bemerklich macht. Als Beispiel für die gabelig verzweigten Arten habe ich *Najas major* geschildert. Vergleichen wir nun die zweifelsohne sehr guten Abbildungen, die Magnus über die Entwicklung dieser Pflanze gegeben hat, so sehen wir, dass der Vegetationskegel eine viel geringere Höhe hat und dass sich das Doppelprimord (Unterblatt und Achselspross) durch eine Furchung abgliedert, die sich in ganz ähnlicher Weise verhält, wie die spätere Parzellierung des Achselsprossprimords. Die Fortsetzung der Axe und der Achselspross haben also schon vom frühesten Anfange an fast genau gleiche Mächtigkeit und diese Relation bleibt hier ebenso erhalten, wie sich bei *Najas graminea* der Unterschied in beiden Grössen stets documentiert.

Was die Entwicklungsgeschichte der Blüthen anbetrifft, so ist dieselbe äusserst einfach. Die männliche Blüthe geht unmittelbar aus dem einen Theile des parzellierten Primordiums hervor. Der

Körper wird zuerst von einem einzigen, an der Spitze horizontal gestutzten Ringwulste umzirkelt, der wie ein Integument der Ovula als ringsum gleichmässiger Wall die Anthere umwächst und endlich einhüllt.

Die weibliche Blüthe hat ihren Grundstock gleichfalls in demselben Theilkörper des Achselsprosses. Bei *Najas graminea* bildet sich wieder ein Ringwall, der aber nicht in völlig gleicher Höhe den inneren Kern umzirkelt, sondern auf drei Stellen zwar wenig, aber doch deutlich ausgebuchtet ist. Die Hülle umwächst den Mittelkörper, verengt sich an der Spitze und kommt endlich durch Vereinigung der Wände zu einem vollkommenen Verschluss. Von dem Orte aus, an dem dieser erfolgt, wachsen Haare senkrecht in den Fruchtknotenraum hinein, welchen die Bedeutung von Pollenschlauchführern zukommt. Einen Griffelkanal, den MAGNUS gesehen hat, habe ich nicht nachweisen können; der Fruchtknoten hat vielmehr ganz die Beschaffenheit des *Gramineen*fruchtknotens; wahrscheinlich, dieser Punkt bedarf noch eingehender Untersuchungen, wird auch der Pollenschlauch zwischen den Zellen des Griffels sich fortbewegen. Die Entstehung der weiblichen Blüthen mit zwei Hüllen, welche *N. tenuis* AL. BRAUN, *ancistrocarpa* A. Br. und einigen anderen Arten zukommen soll, konnte bisher nicht verfolgt werden.

Die Samenanlage bietet in ihrer Entstehung nichts bemerkenswerthes, sie stimmt mit derjenigen überein, welche anatrope Samenanlagen stets aufweisen.

Bezüglich der morphologischen Deutung der Blüthen stimme ich MAGNUS theilweise zu; die Thatsache, dass eine axile Parzelle des Achselprimords ohne weiteres in eine Blüthe umgewandelt wird, kann auch der geschickteste Interpret formal theoretischer Vorgänge nicht beseitigen. Ob in den Organen eine congenitale Verschiebung angenommen werden muss oder ob sich die Unterstellung eines apical disponierten Blattes phylogenetisch erspriesslicher erweist, welches man nun auch pseudoterminal nennen mag, das sollen diejenigen unter sich ausmachen, die an solchen Prozessen ein Interesse haben. Während diese Anschauungen einem Wechsel unterworfen sind und sich nach den jeweiligen Gesichtspunkten im Laufe der Zeit verändert haben, ist das Ergebniss der reinen Beobachtungen der ruhende Pol in diesem Wirbel. Wir wollen nun auch unbekümmert um die formalen Bedenken die Anthere sowohl, wie die Samenanlage als axile Organe bezeichnen.

Wenn ich MAGNUS bis hierher mit unbedingter Zustimmung gefolgt bin, so bedaure ich um so mehr, dass wir fernerhin nicht mehr zusammengehen können. In der Homologisierung der Hüllen

welche ich wohl mit allen Morphologen von dem Monographen der Gattung *Najas* ab.

Der reale Sachverhalt bei der weiblichen *Najas*blüthe, die hier besonders in Betracht gezogen werden muss, ist nach ihm folgender. Die Samenanlage wird entweder von einer einzigen flaschenförmigen Hülle oder von zweien eingeschlossen. Ist nur eine vorhanden, so erzeugt dieselbe zwei, drei oder vier Narben und ausserdem noch ein bis drei fadenförmige Fortsätze, die in Stachelzellen enden. Besitzt die Blüthe zwei Hüllen, so bringt nur die innere Narbenstrahlen hervor, während die äussere allein in eine Reihe von Stachelzellen ausläuft.

Magnus gebraucht die Ausdrücke Hüllen, um anzudeuten, dass diese flaschenförmigen Gebilde mit einem Fruchtknoten, beziehungsweise einem solchen und einem Perigon nicht homolog zu setzen seien. Nach gütiger mündlicher Mittheilung wird er von folgenden Gesichtspunkten geleitet: Es ist eine bekannte Thatsache, dass es eine Reihe polypetaler Familien giebt, bei denen die Blumenblätter allmählich immer kleiner werden, bis sie durch Abort völlig verschwinden, die Pflanzen werden apetal. Dieser Erfahrung gemäss kann man sich auch vorstellen, dass Angiospermen existieren, die durch Abort ihrer Karpiden nackte Samenanlagen besitzen. Dies ist der Fall bei *Najas*. Magnus begründet die Vorstellung durch folgende Erwägungen*: »Die Hüllen erheben sich in einer Querzone rings herum an allen Punkten gleichzeitig. Ferner sind dieselben im ausgewachsenen Zustande im ganzen Umkreis des Querschnittes gleichmässig anatomisch ausgebildet. Endlich theilt sich die Hülle durch lokales intensives Längenwachsthum bald in zwei, drei, bald in vier Zipfel«. Diese Umstände scheinen ihm Beweis genug zu sein, dass »die einfache Hülle nicht als Kreis verwachsener Blätter, sondern als ein einziges Organ zu betrachten ist«.

Die Beweise, welche er anführt, um seine Ansicht zu stützen, sind der Entwicklungsgeschichte und der anatomischen Structur entnommen. In einer Anmerkung, die sich auf der folgenden Seite findet und die sich gegen Schmitz wendet, finde ich folgenden Satz: »Weder die anatomische Structur, noch die Entwicklungsgeschichte, von rein speciell-anatomischer Seite betrachtet, kann uns den geringsten Aufschluss über die morphologische Natur eines Organes gewähren«. Aus dieser Behauptung müsste schon hervorgehen, dass die obige Beweisführung selbst für ihn nicht genügend sein sollte.

* Magnus, Beiträge zur Kenntniss der Gattung *Najas* 37.

Wir wollen nun die Consequenzen aus seiner Meinung für andere Pflanzenfamilien ziehen. Ich habe die Entwicklungsgeschichte der weiblichen Blüthe von *Littorella*, die wie *Najas* stets unter Wasser bleibt, beschrieben und gefunden, dass die entsprechenden Blüthenhüllen von derselben zarthäutigen Beschaffenheit sind, dass sie ebenfalls eine deutliche Sonderung in Blätter vermissen lassen und keine Spur von Medianen aufweisen. Demzufolge müsste diese Blüthe weder einen Fruchtblattcomplex besitzen, noch ein perigonartiges Gebilde, sie müsste eine nackte Angiosperme sein. Wenn wir nun erwägen, dass die in der freien Luft sich entfaltenden gelegentlichen Zwitterblüthen alle diese Organe dem anderen Medium entsprechend umgestaltet und mechanisch verstärkt aufweisen, so werden wir vor einen unauflösbaren Conflikt gestellt, falls wir der Ansicht von Magnus huldigen.

Der Fruchtknoten der *Gramineen* und *Cyperaceen* entsteht als nach hinten abschüssiger Ringwall, der gewöhnlich seitlich zwei Narbenstrahlen ausgliedert. Er kommt endlich genau wie die innere oder einzige Hülle von *Najas* zum Verschlusse und lässt sich, wie ich oben gezeigt habe, vollkommen mit dem entsprechenden Gebilde bei *Najas* homolog setzen. Nenne ich den Körper bei den obenerwähnten Pflanzen Fruchtknoten, so sehe ich keinen Grund ein, warum das entsprechende Gebilde bei *Najas* etwas anderes sein soll. Wenn wir das ganze Gebiet der *Angiospermen* durchgehen, so finden wir keine Pflanze, bei der ein anderes Organ die Pollenleitung übernimmt, als die Enden des Fruchtblättercomplexes. Ich denke, wenn man diese klaren Vergleichsobjekte nüchtern abwägt, so hat man keinen Grund, sich zu scheuen, das Ding bei *Najas,* das wie ein Fruchtknoten aussieht und sich genau wie ein solcher verhält, auch als Fruchtknoten zu bezeichnen. Ob man dabei glaubt, dass er von zwei oder drei oder vier Blättern aufgebaut wird, ist nebensächlich; wir haben bei *Najas* wie bei anderen *Phanerogamen*, die den Fruchtknoten als Ringwall erzeugen, keine Möglichkeit mehr, die Zahl der Blätter in zweifelloser Weise zu ermitteln.

Wenn mir über die Homologie der inneren oder einzigen Hülle ein Zweifel nicht geblieben ist, so ist die Festsetzung der Natur der zweiten äusseren Hülle durchaus nicht widerspruchsfrei. Die Verhältnisse liegen bei den *Fluviales* ziemlich complicíert. Wir haben Blüthen kennen gelernt, bei denen ein Perigon klar und deutlich vorhanden ist (*Potamogeton*, *Althenia*), andere sind vollkommen nackt (*Ruppia*, männliche Blüthe von *Zannichellia*). Die weibliche Blüthe der letzterwähnten Pflanze besitzt eine glockenförmige Hülle. Sie wird zuweilen für ein Perigon angesprochen, dann aber auch für einen

Hochblattbecher gehalten. Gehen wir nun zu *Najas* über, so werden wir zuvörderst die männliche Blüthe in Erwägung ziehen müssen. Nicht als ob sie uns unter allen Umständen Aufklärung zu geben vermöchte, denn die Zahl derjenigen Pflanzen ist gar nicht klein, bei denen männliche und weibliche Blüthen sicher nach einem zwiefachen »Bauplane« angelegt sind, aber es ist doch denkbar, dass sie uns zur Lösung des Problems Hülfe gewährt. In ihr wird nach Magnus die Anthere von zwei Hüllen umgeben und zwar ohne Ausnahme. Dass eine derselben einem Perigon gleich gesetzt werden kann, halte ich nicht für unpassend, die andere würde dann einen äusseren Hochblattbecher darstellen. Beide als äusseren und inneren Kreis eines dicyklischen Perigons zu betrachten, erscheint mir deshalb unangemessen, weil in der ganzen Gruppe der Monocotylen Perigone mit unter sich gesonderten, in den Gliedern aber verbundenen Cyklen nicht bekannt sind.

Wir stehen nun vor der Frage, ist die äussere Hülle der weiblichen *Najas*blüthe dem Perigon oder dem Hochblattbecher in der männlichen homolog? Die Beantwortung wird in erster Linie davon abhängen, ob wir geneigt sind, zu glauben, dass bei auftretendem Abort die Hochblatthülle oder das Perigon früher verschwindet. Wer das erstere meint, wird das Gebilde für ein Perigon, wer das letztere denkt, wird sie für einen Hochblattbecher halten. Ich meinestheils gestehe gern ein, dass ich über diese Reduktion kein Urtheil habe, ich weiss nicht recht, warum dieser oder jener Fall eintreten muss, und will die Möglichkeit beider nicht bestreiten*.

C. Die Blüthen der Lilaea subulata H. B. Kth.

Diese Wasserpflanze, die in der äusseren Tracht sehr lebhaft an *Isoëtes* erinnert, hat in Amerika eine ausserordentlich weite Verbreitung, da sie sich an dem Columbia-Flusse in den Vereinigten Staaten, in Californien, auf den Anden, in Chile, Argentinien und Uruguay findet. Das Vorkommen in dem letzterwähnten Staate war die äussere Veranlassung, dass ich mich mit der Pflanze etwas näher befasste, da ich sie wegen desselben in der Flora Brasiliensis zu behandeln hatte. Wenn ich sie eingehender untersuchte, als es für den Rahmen jenes Werkes unbedingt nöthig war, so geschah dies einmal deswegen, weil die merkwürdigen morphologischen Verhältnisse an

* Neueren Erfahrungen zufolge müssen die Angaben von Magnus wesentlich corrigiert werden; über die sich nun ergebenden Verhältnisse werde ich später berichten.

sich einer eingehenderen Darstellung würdig zu sein schienen und weil ferner an ihnen gewisse allgemeine Gesichtspunkte über die Morphologie der Blüthen erläutert werden können. Ich habe an der lebenden Pflanze, welche im königlichen botanischen Garten von Berlin cultiviert wurde, meine Beobachtungen gemacht und hoffe, über die Hauptpunkte ein einigermaassen sicheres Urtheil gewonnen zu haben.

Gemeinlich wird gegenwärtig der Pflanze nach mannigfachen Irrfahrten bei den *Najadaceae*, *Cyperaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Juncaginaceae* ein Platz bei der letzterwähnten Familie eingeräumt, so auch von den Verfassern in ENGLER-PRANTL's* Natürlichen Pflanzenfamilien. Ich habe mich bei einer Neigung, die heterogenen Familien in kleinere Verbände zu zerlegen, der ich auch bei den *Najadaceae* gefolgt bin, lieber, aus hier nicht weiter zu erörternden Gründen, einer früheren Ansicht von HIERONYMUS angeschlossen, welcher für das Gewächs eine eigene Familie der *Lilaeaceae* geschaffen hat und sie als ein verbindendes Glied zwischen der Ordnung der *Najadaceae* und der Familie der *Juncaginaceae* einfügte.

Lilaea subulata wächst wie unsere *Littorella*, an die sie auch oft dem Aeusseren nach erinnert, bald im tieferen Wasser, so dass sie völlig überfluthet ist, bald im flacheren, so dass sie mit ihren *Isoëtes*-Blättern über den Spiegel hervorragt. Sie scheint vorwiegend einjährig zu sein, doch ist wohl nicht ausgeschlossen, dass sie sich durch zusammengezogene Knospen vegetativ für längere Zeit erhält. Der knollige Grundstock ist mit am Grunde scheidig verbreiterten Blättern dicht besetzt, wobei die letzteren ein disticheѕ System darstellen. Aus der Achsel der Blätter erheben sich von kräftigen Stielen getragene, dichte, ährenförmige Inflorescenzen; nimmt man die Scheide des Blattes aber vorsichtig ab, so bemerkt man zu beiden Seiten des Stieles je eine sitzende weitere Blüthe, welche sich beide unter genauerer Prüfung als weibliche erweisen. Die so vielen Wasserpflanzen unter den Monocotylen eigenen *Squamulae intravaginales* fehlen auch unserer Pflanze nicht, sie sind vielmehr in einer Vielzahl als kleine pfriemliche, von zartem Gewebe aufgebaute Schuppen leicht zu sehen.

Ehe ich auf den Bau der ausserordentlich heteromorphen Blüthen und auf ihre Entwicklungsgeschichte eingehe, will ich mich mit dem vegetativen Sprosse beschäftigen. Ich habe in meiner Arbeit über den Blüthenanschluss ausführlicher den Gedanken verfolgt, dass man

*BUCHENAU und HIERONYMUS in ENGLER-PRANTL, Natürl. Pflanzenfam. II. (I.) 225.

jede Axe mit einem distichen Blattsysteme sowohl als ein Monopodium ansehen kann, wie es möglich ist, eben dieselbe in ein Sympodium aufzulösen. Sobald man nämlich das Achselprodukt eines Blattes als das auslaufende Ende einer relativen Hauptaxe auffasst, wird das einheitliche monopodiale Gerüst zu einem Sympodium, indem die scheinbare Hauptaxe in einen Lateralstrahl transponiert wird. Man sagt, in diesem Falle habe der mächtig sich entwickelnde Seitenstrahl die Hauptaxe in die Achsel des darunter stehenden Blattes hinübergedrängt, während der kräftige Lateralstrahl die Stelle der Hauptaxe usurpierte.

Bei Gelegenheit meiner Untersuchung der Inflorescenz von Sisyrinchium bin ich dieser Frage deswegen näher getreten, weil man jene für ein Sympodium von Fächelnatur angesprochen hatte, und habe darauf hingewiesen, dass man nur durch die genaue Prüfung der Entwicklung einen Entscheid erlangen könnte. Für *Lilaea subulata* hat nun HIERONYMUS nicht allein zuerst die Behauptung aufgestellt, dass das mit streng zweizeilig gestellten Blättern versehene scheinbar monopodiale Sprosssystem ein Sympodium sei, sondern hat auch durch die Erforschung der Entwicklung den vollen Beweis dafür erbracht. Seine Darstellung, beleuchtet von ganz musterhaften Zeichnungen, belehrt uns in der That, dass die Hauptaxe der Keimpflanze, nachdem sie fünf bis sechs Blätter hervorgebracht hat, in einen Blüthenstand aufgeht, dass in der Achsel des letzten Blattes ein Spross entsteht, der wieder durch eine Inflorescenz abgeschlossen wird, nachdem das einzige von ihm erzeugte Blatt einen Seitenstrahl entwickelt hat, u. s. f. Ich habe seine Untersuchungen, die keineswegs geringe Schwierigkeiten in der Ausführung bieten, nachgeprüft und kann sie in allen Einzelheiten bestätigen.

Die von mir in Taf. V, Fig. 11 mitgetheilte Figur ist nach einem von mir selbst hergestellten Präparate gezeichnet. Zum genaueren Verständnisse des Entwicklungsganges diene folgende Beschreibung derselben: Das grösste der in ihr wahrzunehmenden Organe ist ein Laubblatt, das nach links hin scheidig sämmtliche übrigen Körper umfasst. Rechts von ihm befindet sich ein cylindrischer Körper, der von jenem Blatte dorsal berührt wird; er ist die Axe niedrigsten (n^{ten}) Grades in dem ganzen Systeme. Nach links hin sind die Körper, welche scheidig umfasst werden, der Reihe nach folgende: an die Blattspreite stösst ein Höcker, welcher die Axe $n+2^{ten}$ Grades darstellt, dann folgt wieder eine Blattanlage, hierauf die Axe $n+1^{ten}$ Grades; an ihren Füssen sitzt ein Knöspchen, dessen erstes Blättchen auf den Beschauer zugekehrt ist.

Der Sprossaufbau ist nun folgender: Die Axe $n+1^{ten}$ Grades in

unserer Figur hat ein Blatt erzeugt, das mit seiner Rückenfläche, wie schon oben gesagt wurde, die Axe n^{ten} Grades berührt, es ist also ein adossiertes Sprossvorblatt. Bald nach seiner Entstehung umgreift seine Basis scheidig die Mutteraxe und schliesst diese fast ganz ein. In seiner Achsel bildet sich, nachdem eine bedeutende Dehnung im Achselgrunde stattgefunden hat, ein neuer Spross, die Axe $n + 2^{ten}$ Grades, die jetzt gerade ihr adossiertes Vorblatt angelegt hat. In der Achsel des Blattes aber, welches zur Axe n^{ten} Grades gehört hat und das ich abgetragen habe, ist jenes erwähnte, auf der äussersten linken Seite gelegene Knöspchen entstanden, dem also die Natur einer unteren Beiknospe zukommt. Der Verlauf der Entwicklung zeigt also, dass der Stock von *Lilaea* ein Sympodium vom Fächeltypus ist.

Wie der weitere Verlauf der Entwicklungsgeschichte lehrt, werden alle die plumpen, cylindrischen, später mehr kegelförmigen Zapfen, welche die Axe n^{ten} bis $n + 2^{ten}$ Grades bilden, zu Blüthenständen. Löst man eine Inflorescenz aus ihren Umhüllungen heraus, so dass man sie frei betrachten kann, so bietet sie das Bild von Taf. V, Fig. 9: am Grunde des Körpers sitzen rechts und links, aber deutlich nach vorn zu gerückt zwei besonders grosse Primordien, im übrigen ist der Kegel mit flachen kreisförmigen Scheibchen dicht bedeckt und zwar dergestalt, dass dieselben (die Blüthenprimordien) gerade Zeilen bilden. Zwischen den beiden untersten Blüthen ist ein freier Raum geblieben, den man geneigt sein könnte, für einen durch secundäre Streckung entstandenen Stiel zu halten, zumal der Körper umgewendet eine ganz gleiche, von Neubildungen nicht besetzte, freie Fläche zeigt. Die von mir angeregte Vermuthung wäre aber falsch. Die Ursache, dass auf beiden Seiten keine Blüthenanlagen hervorspriessen, liegt vielmehr, wie Taf. V, Fig. 10 deutlich erkennen lässt, darin, dass die Beiknospe aus dem Blatte, welches der Inflorescenz ihren Ursprung gab, den Platz wegnimmt, welches bei ihrer Abwesenheit zweifelsohne mit Blüthenprimordien würde bedeckt worden sein. Für die Rückseite der Axe dagegen, die ebenfalls auf einer correspondierenden Stelle nackt bleibt, wirkt die dorsale Berührung des Laubblattes folgender Ordnung als entsprechender Hemmungskörper.

Ueber die Blüthenanlage sei noch folgendes bemerkt. Die beiden basalen sitzen nicht eigentlich an der Inflorescenzspindel, sondern befinden sich mit ihrem Fusse wenigstens zum allergrössten Theile auf dem Gewebe des Achselgrundes, der natürlich gedehnt worden sein muss, weil für die Aufstellung der Beiknospe Raum geschaffen worden war. Die Zahl der Blüthenzeilen ist wechselnd; dieses Schwanken ist nicht von einer Variabilität der Primordgrössen ab-

hängig, sondern steht mit dem veränderlichen Axendurchmesser im Zusammenhange. Auf Grund meiner wiederholten Messungen der uhrglasförmigen Kugelkalotten, welche die Primordien im Momente ihrer Entstehung darstellen, fand ich ihren Durchmesser zu 0,044 mm. Der Axendurchmesser zeigt aber so erhebliche Schwankungen, dass ich als höchste Zeilenzahl 12 fand, während HIERONYMUS einen Blüthenstand abgezeichnet hat, der nur vier Geradreihen aufweist. Auch hieraus erwächst eine Begründung des von mir oben bei *Potamogeton* aufgestellten Satzes, dass die Disposition der Blüthen eine Funktion ist, welche von dem variablen Spindeldurchmesser und der constanten Anlagegrösse der Blüthenprimordien abhängt.

Die oben besprochenen Lücken an der Basis des Blüthenstandes verdienen noch eine Berücksichtigung. Schon SCHWENDENER hat darauf hingewiesen, dass bei ähren- oder kolbenförmigen Inflorescenzen, sei es durch Anwachsen von Scheiden oder durch zufällige Verletzungen u. s. w. Ausfälle von Blüthen ähnlicher Art vorkommen können, wie sie hier durch die enge Berührung mit zwei dicht anliegenden Körpern verursacht werden. In der Sphäre, wo der Ausfall theilweise statt hat, sind natürlich die der Inflorescenz im Durchschnitte eigenen Wirtel nicht in der Vollzahl vorhanden, weil für sämmtliche Glieder der Platz nicht ausreicht. Wäre die Inflorescenz spiralig, so würde diese Thatsache deswegen von einem gewissen Belange sein, weil in der dann vorliegenden genetischen Spirale einige Glieder übersprungen wurden.

Nun zeigen in Wirklichkeit die Blüthenstände von *Lilaea subulata* zuweilen ähnlich denen von *Potamogeton* eine leise Abweichung der Geradzeilen zu Schrägzeilen und selbstredend kann man dann aus der Zahl der höchsten Parastichen auch eine genetische Spirale für die Inflorescenz ableiten. Ich wüsste nicht, was ich besseres thun könnte, als die Worte SCHWENDENER's hier zu citieren, welche ich an der Stelle finde, wo er sich über diese Verhältnisse äussert: »Alle diese Vorkommnisse lassen sich durch Juxtaposition der Organe in einfacher und befriedigender Weise erklären Nach der Spiraltheorie giebt es im Grundplane der Gewächse keine halben Quirle und Spiralumläufe, solche Halbcyklen kommen blos dadurch zu Stande, dass einzelne Organe abortieren. Demnach hätten wir die ganze (basale) Bucht in Gedanken mit Blüthen auszufüllen, die durch Fehlschlagen verschwunden sind. Wer wird im Ernste annehmen, dass an jener Stelle jemals Blüthenanlagen vorhanden waren?«

Ich habe schon oben mitgetheilt, dass die Blüthenprimordien in Geradzeilen sich anreihen, und dieser Disposition gemäss ist die weitere Ausbildung. In einem mit dem Entwicklungsgange der *Potamogeton*-

Blüthe übereinstimmenden Modus treten aus dem Primord vier Läppchen, zuerst ein basal gestelltes (Taf. V, Fig. 12), dann zwei seitliche Organe, endlich ein gipfelständiges Glied. Ich habe bei der soeben erwähnten Gattung des ausführlicheren geschildert, inwiefern die Ausgliederung eines tetrameren Aussencyklus mit der Anreihung der Primordien in Geradzeilen zusammenhängen muss, und verweise, um mich nicht zu wiederholen, auf jene Stelle*. Die Differenzierung ist aber bei *Lilaea* keine blos randliche, sondern greift so tief in das Centrum des Primords ein, dass ein freier Binnenraum, auf den sich weitere Organe einstellen könnten, nicht zur Verfügung bleibt, deshalb ist die Anlage der Blüthe mit jenen vier Gliedern auch fertig.

Wenn eine Betrachtungsweise, wie die hier entwickelte, ursächlich die Stellung gewisser Organe zu begründen vermag, so kann sie natürlich keinen Aufschluss über die Qualität dieser Organe geben. Ueberhaupt vermag die mechanische Methode in allen Disciplinen nur die Quantitäten, seien sie dem Raume, seien sie der Zahl nach, zu beurtheilen, es sei denn, dass sich Qualitäten durch Quantitäten ausdrücken lassen (wie z. B. bei den Farben).

Aus der von mir gepflogenen Auffassung geht zwar hervor, dass unter gewissen Verhältnissen Neubildungen an bestimmten Orten auftreten müssen, welcher Natur sie aber sind, kann nicht im Voraus bestimmt werden. Ich habe gezeigt, dass an einem zur Mediane eines Blattes quer gestellten, im Querschnitte elliptischen Vegetationskegel ohne jede Ausnahme zwei Neubildungen in transversaler Lage entstehen. Ob diese aber zwei Vorblätter, ein Vorblatt und ein Kelch- oder Perigonblatt, oder zwei der letzteren, oder zwei Staubblätter, oder zwei Fruchtblätter sind, das vermag die mechanische Betrachtungsweise der Morphologie freilich nicht festzusetzen. In diesem Unvermögen liegt natürlich auch die Unmöglichkeit, mit Hülfe der Entwicklungsgeschichte eine Sicherheit über die Homologie irgend eines Gebildes mit einem anderen Organe zu gewinnen. Sie kann einzig und allein den Ort bestimmen, wo ein Organ auftritt, deswegen aber vermag sie auch zu sagen, ob ein Körper rein seitlich steht, ob er endständig ist, oder ob er das Ende eines Zellengebildes selbst darstellt.

Die vier Differenzierungsprodukte, welche in den Ecken des subrhombischen Primords erscheinen, nehmen in der ferneren Ausbildung ein sehr verschiedenes Wesen an. Der erste vordere Zipfel wird ein Hüllblatt, dessen physiologische Bedeutung als Schutzblatt für die

* pag. 138.

Blüthe keinem Zweifel unterworfen ist, denn es überdeckt später das ganze Blüthchen; seine morphologische Homologie ist dagegen noch controvers. Die beiden Seitenlappen bilden die zwei Theken eines einzigen Staubgefässes, die vierte Ausgliederung giebt den Grundstock für einen Fruchtknoten.

Oftmals bleiben bei der ferneren Ausbildung die Generationsorgane nicht im Gleichgewichte. Nur in der mittleren Sphäre der Infloreseenz halten sie sich die Wage, am Grunde derselben dominiert der Fruchtknoten, in der Nähe des Gipfels überwiegt das Staubblatt dergestalt, dass dort nur weibliche, hier allein männliche Blüthen resultieren. Die Reduktion geht von der Mitte der Inflorescenz an sehr allmählich und gradweise vor sich, so dass Reste des zweiten Geschlechtes allgemein nachweisbar sind. Sie wird nach meinen Erfahrungen hier ebenfalls, wie in anderen Fällen, bedingt durch die Usurpation des Raumes. Die von mir in Fig. 12 wiedergegebenen Figuren lassen vermuthen, dass die sichtbar bedeutendere Grösse der Antherenprimordien männliche Blüthen hervorrufen werden. Der restierende Raum für den Endlappen ist offenbar unter Umständen zu gering, als dass jene Grösse des Fruchtblattes einsetzen könnte, die zu seiner normalen vollen Ausbildung nothwendig ist.

Ein ganz besonders instruktives Beispiel zur Erläuterung des Satzes, dass durch die geradzeilige Stellung ein zuerst tetrameres Phyllomaggregat mechanisch bedingt werde, liefert die Blüthe von *Acorus calamus*. Während *Lilaea* das Extrem der Heterogeneität der Organe nach der einen Seite hin demonstriert, liefert uns die Calmusblüthe eine ähnliche Verschiedenheit nach einer anderen. Aus jeder Flora kann man erfahren, dass die Blüthe von *Acorus calamus* bis auf den Fruchtknoten doppelt dreigliedrig ist: sie hat zwei dreigliedrige alternierende Perigon- und Staubgefässkreise, endlich einen Karpidkreis. Diese Erfahrung scheint auf den ersten Blick mit meiner Behauptung ganz und gar nicht in Einklang zu bringen zu sein; studiert man aber die Entwicklungsgeschichte der Blüthe, so findet man, dass die Uebereinstimmung nicht blos leicht herzustellen ist, sondern dass durch die bestehenden Differenzen das von mir gefundene Gesetz nur bekräftigt wird. Jene Gesetzmässigkeit, welche durch einen Blick auf den Vegetationskegel des Kolbens sogleich in die Augen springt, könnte weder durch das emsigste Studium der entwickelten und vor allem aus dem Contaktverbande losgelösten Blüthe, noch viel weniger durch die Betrachtung des formalen Diagramms jemals erfasst werden.

Die Blüthenprimordien von *Acorus calamus* entstehen in acht Längszeilen. An jedem Primord erscheint dem Contakte entsprechend zuerst

ein Unterläppchen, dann zwischen den Seitenprimordien jederseits ein Mittelläppchen, endlich zwischen den apicalen Contaktkörpern ein Oberläppchen. Was nun sonst noch für Organe an dem Körper auftreten, das ist mechanisch durch die Geradzeilen nicht mehr ersichtlich, hängt vielmehr von Veränderungen ab, die das Primord selbst erfährt und die vorläufig nicht zu übersehen sind.

Welcher Natur sind nun die vier, unsere Aufmerksamkeit besonders in Anspruch nehmenden Organe? Das Vorderläppchen ist ein Tragblatt der Blüthe. In dieser Beziehung widerfährt der Blüthe von *Acorus* nichts besonderes, ich habe vielmehr eine ganze Zahl von Monocotylenblüthen behandelt, bei welchen das Tragblatt aus dem Blüthenprimord tritt und nicht ein Organ der Inflorescenzaxe ist. Die beiden seitlichen Körper sind zwei Elemente des äusseren Perigonkreises; das von ihnen umfasste Oberläppchen endlich ist ein Glied des inneren Perigonkreises. Den beiden Seitenläppchen entsprechend tritt dann, vielleicht auch zuweilen mit ihnen zugleich (solche Feststellungen sind in manchen Fällen äusserst schwierig, die Erscheinungszeiten variieren auch ohne Zweifel, wie ich schon anderwärts gezeigt habe), ein dritter vorderer Perigonzipfel, vor dem Tragblatte gelegen, auf. Nun können wir allerdings ermitteln, dass derselbe einzig und allein deswegen sich ausbilden kann, weil das gewölbte Tragblatt die Einfügung eines superponierten Organes, wie dies auch sonst nicht selten ist, gestattet, weil mit anderen Worten ein Raum für dasselbe geschaffen wird. Mit dieser Ermittelung sind wir allerdings, rückwärts schreitend, am Ende der Causalreihe angelangt. Warum nämlich das Tragblatt sich kappenförmig wölbt, das wissen wir nicht, als Ursache dafür setzen wir also den complexen Begriff der inhärenten Eigenthümlichkeit, dessen Analyse wir der Zukunft überlassen müssen.

Aus diesem dritten Blatte vor dem Tragblatte ist die Basis geschaffen für die Entwicklung der Trimerie. In lückenlosem Contakte erscheinen die übrigen Organe unter ungestörter Alternanz. Betrachtet man sich eine Kalmusinflorescenz im Knospenzustande, so prägt sich der Einfluss der Geradzeiligkeit viel stärker an den Knospen aus, als man nach der Trimerie erwarten sollte. Alle Blüthen sehen aus wie tetramere, wobei vier Blätter an den Ecken eines Rhombus sitzen. Die Trimerie wird erst offenbar, wenn die Blüthen genauer untersucht und die ursprüngliche Anordnung der Blätter in der Knospe zerstört wird.

Wenn ich eine Meinung über den theoretisch-morphologischen Aufbau der *Lilaea*-Blüthe soll, äussern so kann ich dies nur thun

aus den oben angeregten Gründen auf Grund der Vergleichung mit anderen Pflanzenfamilien; durch dieses Urtheil wird dann die Stellung im Systeme bestimmt werden können.

Die Blüthe von *Lilaea subulata* H. B. K. stellt eine eigenartige Combination von Generationsorganen mit einem Blatte vor, welche den höchsten Grad der Einfachheit einer hermaphroditen Blüthe aufweist, wenn das Begleitblatt nicht als Perigonblatt aufgefasst wird. Ein Staubgefäss, ein Stempel — einfacher kann die hermaphrodite Blüthe nicht mehr sein. Ich kenne ähnliche Verhältnisse nur in wenigen Abtheilungen des Pflanzenreiches, nämlich bei *Hippuris*, bei *Chloranthus* (in gewissen Arten), vielleicht treten sie auch wieder auf bei *Pollichia* und *Salicornia*. Die zuerst namhaft gemachte Pflanze werde ich deswegen für eine Weile etwas genauer ins Auge fassen, weil an ihr die Praxis geübt worden ist, mit Hülfe deren man solche Blüthen in die häufigeren Schemata einreiht, und weil aus einer solchen Betrachtung Streiflichter auf die formal-theoretische Deutung der *Lilaea*-Blüthe fallen werden.

Die real zu beobachtenden Verhältnisse an *Hippuris*-Blüthen sind äusserst einfacher Natur. In der Achsel eines Deckblattes befindet sich ein kleiner, etwa tonnenförmiger Körper, an dessen oberem Rande sich ein äusserst kurzer, nur auf dem Längsschnitte sinnfälliger erscheinender, ganzrandiger* Saum befindet. Dieser Rand umgiebt zwei innere Organe, von denen (Taf. V, Figg. 13 und 14) das vordere ein Staubgefäss, während das hintere ein fadenförmiger, mit Ausnahme des Grundes papillöser, zugespitzter Griffel ist. Die Blüthe wurde nun für eine durch mehrfachen Abort reducierte Form angesehen und ihr Typus von Eichler auf folgende Weise construiert: »Da in dem Diagramm Staub- und Fruchtblatt superponiert sind, so gehören sie zwei verschiedenen Quirlen an. Dieselben als ursprünglich dimer betrachtet, so erhält man das Schema einer zweizähligen *Haloragee* (etwa von *Meionectes*), in welcher man sich die Kelchstamina und Kronblätter unterdrückt, den Kelch auf den Saum reduciert und die Vorblätter typisch fehlend denkt; denn alsdann fallen die beiden Kelchblätter transversal, die Kronblätter, Kronstamina und (epipetale) Karpiden in die Mediane. Man hat sich dann blos noch weiter vorzustellen, dass das hintere Kronstamen und hintere Fruchtblatt ausfalle, um den faktischen Bau von *Hippuris* zu erlangen«.

Aus dieser Deutung kommt dann Eichler zu dem Schlusse, dass

* Die von Baillon angegebenen Kerben konnte ich leider an den mir vorliegenden Pflanzen nirgends nachweisen.

Hippuris als eine verarmte Form der *Haloragidaceen* zu betrachten ist, ein Resultat, das wohl schon dadurch gesichert war, dass er offenbar das Schema dieser Familie (und zwar das von *Meionectes*) zu Grunde gelegt hatte: sein Bestreben, die *Hippuris*-Blüthe zu deuten, ging davon aus, eine Vorstellung, welche er bereits anticipiert hatte, zu bewahrheiten, und man könnte nur überrascht sein, wenn der Ausgang seiner Betrachtung ein anderer gewesen wäre, als der oben erwähnte.

Als leitende Momente sind bei seiner Betrachtung nur zwei anzusehen, das eine ist willkürlich, es liegt in den Worten »die Quirle als dimer betrachtet«, das andere in dem Satze, dass »wegen der Superposition von Staubgefäss und Griffel« diese Organe zwei Kreisen angehören müssten. So weit ich die formalen Theoreme zu beurtheilen vermag, meine ich, könnte die letzte Thatsache von keinem Belang sein, denn mag die Ebene, welche ich durch die beiden Organe lege, die Mediane des Tragblattes unter einem beliebigen Winkel schneiden, so wird wohl kaum eine andere Auffassung gebilligt werden, als dass sie zwei Kreisen angehören. Ob sich diese formale Anschauung real begründen lässt, ist eine ganz andere Frage. Ich habe oben vor Kurzem gezeigt, dass die Qualität der Organe bei der Ausgliederung aus einem Vegetationskegel absolut nicht in Betracht kommt. Deshalb wäre es durchaus nicht überraschend, wenn beide Organe aus einem gemeinschaftlichen, in der Richtung der Mediane des Deckblattes gedehnten, im Querschnitte elliptisch geformten Primord entständen und wenn sie also faktisch beide zusammen nur einen Cyklus ausmachten.

Zu der ersten Annahme liegt nun nicht die mindeste Berechtigung vor. Aus welchem Grunde sind wir denn gehalten, die Blüthenquirle für dimer anzusehen? Eichler verstand sich wohl nur zu der Annahme, weil ihm schon *Gunnera* resp. *Meionectes* vorschwebten, auf deren Bauplan er die Blüthe zurückführen wollte. Um nur einige Beispiele zu bringen, würde sich ganz das entsprechende Arrangement durch folgenden Typus gewinnen lassen: Blüthenquirle typisch trimer, Kelch nach $\frac{2}{1}$ (der gewöhnlichen Monocotylenstellung) disponiert, damit wechselnd drei Blumenblätter, mit ihnen alternierend drei Staubgefässe, in deren Lücken drei Karpiden sich befinden. Wir denken uns nun wieder, dass die Vorblätter durch Abort fehlgeschlagen sind, können uns aber auch vorstellen, dass sie typisch fehlen, oder dass eins anzunehmen ist; dann stellen wir uns vor, dass der Kelch, die Blumenkrone, die zwei dorsalen Staubgefässe und die zwei ventralen Karpiden abortiert sind. Diese Vorstellung hat eine ganz vollkommen gleiche Berechtigung, wie Eichler's; ich habe nur als Analogon den

Typus von *Proserpinaca* jenem von *Meionectes* vorgezogen. Ferner ist es gestattet, mit gleichem Rechte einen pentameren Bauplan in der Blüthe vorauszusetzen. Wären unter den Pflanzen, mit denen ich *Hippuris* in Verwandtschaft zu bringen gedenke, pentamere Blüthen in grösserer Zahl vorhanden, und diese könnte ich schon gewinnen, wenn ich im BAILLON'schen Sinne den Kreis der Familie um so viel erweitere, dass die *Oenothereae* darin aufgehen, so würde kein Anstand genommen werden, die Pflanze mit Hülfe der gleichen Manipulationen als typisch fünfgliedrig zu interpretieren. Damit ist aber der Kreis der möglichen Fälle vorläufig nur deswegen abgeschlossen, weil die pleiomeren Typen, ihrer Seltenheit wegen, nicht in Betracht kommen. Das zu untersuchende Problem lässt sich durch folgenden Satz ausdrücken: Gegeben sind zwei median gestellte Punkte, diese sollen in einem System von alternierenden Punkten untergebracht werden. Offenbar ist die Zahl der möglichen Lösungen des Problems unendlich gross.

Nun scheint es aber doch, dass EICHLER gewisse Beobachtungen benutzt hat, um sein Schema zu gewinnen. Er hat an dem Saume, der Staubgefäss und Griffel umzieht, in dem theoretischen Diagramme zwei winzig kleine Zipfelchen eingezeichnet. Ich finde keine Aussage, welche Gründe ihn dazu bewogen haben mögen, gehe aber wahrscheinlich nicht fehl, wenn ich meine, dass die BAILLON'sche Angabe von der Kerbung des Randes ihn dazu bestimmt hat. Aus BAILLON's Zeichnung geht für mich nur hervor, dass zwei Zähnchen dicht am Griffel liegen, dass sie also dorsal gestellt sind; dieser Annahme würde auch die Crenulierung des Saumes an der Spitze der Frucht entsprechen, die später ziemlich deutlich fünf Spitzchen zeigt.

Ein zweiter Umstand ist die Bemerkung BAILLON's gewesen, dass bei *Hippuris* zuweilen zwei Staubgefässe entwickelt sind; EICHLER sagte ausdrücklich, dass »dadurch vorstehende Annahme unterstützt wird«. Der Fall, dessen BAILLON Erwähnung thut, ist von ihm* erfreulicher Weise bildlich wiedergegeben, so dass diese Angelegenheit gut zu prüfen ist. Die beiden Staubgefässe stehen nun nicht, wie die EICHLER'sche Deutung der Blüthe es erforderte, transversal zu beiden Seiten des Griffels, sondern sind, unter sich verbunden phylloskop, vor den Griffel gestellt; so dass ich also die

* BAILLON, Histoire des plantes VI. 481, Fig. 478, in den Noten unter dem Striche. Ich habe ungefähr 500 Blüthen untersucht und nur ein einziges Mal ein ähnliches Verhältniss gesehen, wie das ist, welches BAILLON abbildet. Die Prüfung der Blüthen ist äusserst einfach, wenn man die blühenden Sprosse in Sterne zerlegt dadurch, dass man die Internodien quer durchschneidet. Mit einem Blicke fast lassen sich dann von oben 13—14 Blüthen zugleich genau betrachten.

von ihm gegebene Interpretation auch nach Berücksichtigung dieser Momente nicht billigen kann, oder wenigstens nicht für überzeugend ansehe.

Ich habe die *Hippuris*-Blüthe der Entwicklungsgeschichte nach untersucht und folgende sehr auffallende Thatsachen ermittelt. Die Blätter werden bei *Hippuris* in äusserst regelmässiger Disposition zu mehreren Hunderten angelegt. Der Vegetationskegel (Taf. V, Fig. 15) erhebt sich ziemlich hoch über die grösseren obersten Blätter, die er vollkommen frei überragt. In der Achsel jedes oder fast jedes der oberen Blätter erscheint ein kleines scheibchenförmiges Primord, das bald zur Form eines elliptischen Kegels heranwächst (Fig. 15, *pr*), seine Höhe ist etwa um die Hälfte grösser als die lange Axe der Querschnittsellipse, bevor irgend eine Veränderung wahrgenommen wird. Die kurze Axe des Querschnittsareales ist nur ein wenig kürzer als die lange. Dann sieht man ungefähr in halber Höhe eine nach oben leicht gekrümmte Linie wie einen Schatten über die Oberfläche des axenwärts gekehrten Theiles des Kegels verlaufen (Fig. 16, *S*). Die durch die Linie abgeschnittene Basis wölbt sich nun vor, also nach der Axenseite hin, und schafft Platz für die Aufstellung einer kleinen mittleren Partie (Fig. 17, *cp*). Zugleich tritt jetzt ein äusserer Ringwall ein wenig tiefer aus dem Primord hervor, der zwischen dem Scheitel der Neubildung und dem Primordgrunde sich rings um den Körper hinzieht, also auch die Vorderseite des Kegels umfasst.

Nachdem dieser Wall erschienen ist, hat die Blüthe die Vollzahl ihrer Organe angelegt. Jener Körper, der zuerst aus dem Primord hervorgetreten ist, wird zum Fruchtknoten, der Ringwall ist der Saum, welcher den Fruchtknoten krönt, und die obere Hälfte des Primords wird unmittelbar zum Staubgefässe (Fig. 17 und 18, *st*). Das letztere ist um so sicherer, wenn man nicht künstliche Umdeutung mit der Absicht, einen bestimmten Zweck zu erreichen, vornimmt, axiler Natur, als es sogar einen Seitenstrahl, nämlich den Fruchtknoten erzeugt hat. Von dem Griffel ist jetzt und noch ziemlich lange nachher nichts zu sehen, erst relativ spät erhebt sich von dem dorsalen Rande des Mundsaumes, welcher die vertiefte Fruchtknotenhöhle umzieht, ein Spitzchen, das in der Vertiefung zwischen den bereits fertigen Theken heraufwächst und endlich die Anthere überragt (Fig. 18 und 19, *G*).

Diese völlig lückenlose Reihe von Entwicklungszuständen hat mir niemals eine Andeutung von Zipfeln am Saume gezeigt, sie würden sich meiner Aufmerksamkeit wohl nicht entzogen haben, da ich bereits durch die Baillon'schen Beschreibungen bewogen wurde, auf

sie zu achten. Der Gang der Entwicklung lässt ferner als sehr wahrscheinlich voraussetzen, dass, wenn zwei Antheren auftreten, diese dadurch gebildet werden, dass die schon in Fig. 18 sichtbare Einkerbung bis zu einer Trennung der beiden Hälften geführt hat. Nach den Bildern, welche ich gesehen und abgezeichnet habe, erscheint es völlig undenkbar, dass sich ein zweites Staubgefäss dort entwickeln könnte, wo es Eichler gesucht hat.

Diese Beobachtung würde vielleicht nicht unpassend dazu verwendet werden können, um noch eine neue, ganz abweichende Theorie zu formulieren: Der thatsächlichen Beobachtung zufolge sprosst das Karpid als Lateralstrahl aus dem Staubgefässe einer Hauptaxe hervor; der beide Organe umfassende Saum kann, ohne im mindesten gegen die Regeln der Morphologie zu verstossen, als Deckblatt von jenem Lateralstrahle angesehen worden. Auf Grund dieser Deutung würde alsdann die Blüthe eine eingeschlechtige sein.

Wie allen Behauptungen gegenüber, welche sich nur auf die sinnliche Wahrnehmung stützen, von formal-theoretischer Seite eine Ausweichung möglich ist, so auch in dem vorliegenden Falle. Für wen die Blüthe ihrer Natur nach eine Zwitterblüthe sein muss, der wird sagen, das Karpid ist in Wirklichkeit kein Seitenspross aus dem Staminalprimord, sondern beide sind vollkommen getrennte Körper, die nur gemeinschaftlich sehr eng an einander gedrängt aus dem Blattachselgrunde hervortauchen, oder vielleicht schon von Anbeginn der Erscheinung verwachsen sind. Mit dieser Anschauung betreten wir das Gebiet des Congenitalen, damit ist jeder Beobachtung der Boden entzogen und es beginnt das Terrain der vorgestellten Processe, das ich zu beschreiten lieber unterlassen will.

Gehe ich nun zu meinem Untersuchungsobjekte *Lilaea subulata* H. B. K. zurück. Ich hätte an ihr alle die Betrachtungen anstellen können, für die mir *Hippuris* die Grundlagen lieferte; ich zog diese Pflanze aber vor, weil an ihr eine Methode ausdrücklich geübt wurde, die einer kritischen Beleuchtung wohl werth war. Uebertrage ich nun die bei *Hippuris* gesammelten Erfahrungen auf *Lilaea subulata*, so ist es offenbar, dass ich mit dem Organpaare anfangen kann, was ich will. Ich kann jede beliebige Transformation vornehmen, die mir passend erscheint, und ich werde eine solche vorziehen, falls ich die Blüthe auf ein Schema zurückführen will, die adäquat der Familie ist, in welche ich die Pflanze versetzen will. Natürlich muss ich erst mit mir über den letzten Punkt im Reinen sein. Wenn ich also z. B. so im Allgemeinen aus dem Habitus, der Blattgestalt, überhaupt der äusseren Tracht den Eindruck gewonnen habe, sie könnte wohl ganz gut bei den *Juncaginaceen* stehen, so ist es das Einfachste von

der Welt, zu demonstrieren, dass der Bauplan der Blüthe mit dem jener Familie durchaus zusammenfällt. Ich brauche mir nämlich nur vorzustellen, dass aus dem formal-theoretischen Schema hexacyklisch trimerer Natur die beiden Perigonkreise ausgefallen sind; ich muss mir ferner denken, dass der innere Staminalwirtel in Wegfall gerathen, dass von dem äusseren aber ein Glied, nämlich das vordere, übrig geblieben ist. Bezüglich der beiden Karpidenkreise hat man sich zu denken, dass der äussere ganz geschwunden ist, wogegen von dem inneren ein Glied und zwar wiederum das mediane, jetzt aber dorsale auf seinem Platz verharrte. Wenn man sich diese Fülle des zu Denkenden und Vorzustellenden vergegenwärtigt, so erscheint die Sache sehr compliciert, vielleicht auch nicht ganz natürlich; vergleicht man aber damit den Gedankengang, welchen EICHLER bei *Hippuris* verfolgt hat, so wird man finden, dass sich beide Interpretationen vollkommen decken.

Jetzt bleibt noch das Begleitblatt der *Lilaea*-Blüthe übrig. Dies können wir nun wieder von verschiedenen Seiten betrachten. Wir sind im Stande, uns zu denken, dass es ein Tragblatt ist, denn die Stellung ist dementsprechend. Die Thatsache, dass es aus dem Blüthenprimord hervortritt, kann zwar unbequem werden, ist aber durch die Vorstellung einer congenitalen Verwachsung leicht zu eliminieren. Dann dürfen wir aber auch annehmen, dass das Tragblatt durch Abort geschwunden* und dass das in Rede stehende Blatt ein Perigonblatt ist, es wird der Stellung nach das phylloskope des äusseren Kreises sein. Dann brauchen wir uns nur noch zu denken, dass die Vorblätter oder das eine Vorblatt typisch unterdrückt, oder dass sie durch Abort weggefallen sind, denn durch die Anwesenheit eines derselben würde, wie *Butomus* lehrt, die formale Stellung nicht geändert, so sind wir über die Natur der Blüthe »im Klaren«.

Da die Meinung, dass *Lilaea* zu den *Juncaginaceen* gehört, gegenwärtig eine besonders bevorzugte ist, so würde ich mit dieser Interpretation der Ansicht der meisten Botaniker Rechnung getragen haben. Ich persönlich habe mehr die Neigung, sie mit den *Fluviales* direkt in einen gewissen engeren Verwandtschaftsverband zu bringen und sie *Potamogeton* näher anzuschliessen. Mich bewegt hierzu vor allem die Thatsache, dass die Blüthen in Geradzeilen disponiert sind und dass man die *Lilaea*-Blüthe sehr bequem mit der von *Potamogeton* in Uebereinstimmung setzen kann, wenn man sie als einen Viertel-

* Bei *Scheuchzeria* sind Decklätter vorhanden.

ausschnitt derselben betrachtet*. Wir haben dann die von *Potamogeton* bekannte Superposition von Perigonblatt und Staubgefäss, die Aehnlichkeit in der Verbindung beider Organe ist in den zwei Gattungen sogar überraschend. Wie die Blüthe von *Lilaea* sonst noch auf Systeme von alternierenden Punkten, welche im senkrechten und schrägen Kreuze gestellt sind, zurückgeführt werden kann, will ich nun nicht weiter verfolgen: Es wäre ermüdend, alle die Möglichkeiten zu prüfen, die uns eine Einsicht über die Natur der *Lilaea*-Blüthe verschaffen sollen.

Combiniere ich alle die von mir angeregten Möglichkeiten, so ergiebt sich, dass die Zahl der vorstellbaren Schemata schon nach den zwei Familien, die ich in Betracht gezogen habe, recht gross ist. Ich bekomme so viele Bilder, die alle gut oder, was man gut nennt, begründet sind, dass ich mich bei gewissenhafter Ueberlegung kaum für eins entscheiden kann. Ich ziehe deshalb vor, mich für keins definitiv auszusprechen, sondern sehe in *Lilaea* ebenso wie in *Hippuris* die Vertreter eigener kleiner Familien, für die ich die Verwandtschaft wohl in der Nähe jener suchen werde, die in Betracht gezogen worden sind, in die ich sie aber nicht unmittelbar einreihe, weil die zu weit gehende Einfachheit des Baues ein sicheres Urtheil nicht zulässt. Wenn damit ein gewisses bisher positiv bestehendes Resultat verloren gegangen ist, so wurde wenigstens für *Lilaea* in sofern ein neues gefunden, dass die Blüthe in dem Arrangement ihrer Organe mechanisch verständlich wurde. Ein erheblicher Unterschied zwischen beiden Ergebnissen beruht darin, dass jenes, welches ich zu zerstören unternommen habe, seiner Natur nach nur einen subjektiven Werth haben konnte, weil es von der Wahl der Analogien abhängig war, dass dieses aber, wenigstens so hoffe ich, objektiven, dauernden, also einen wirklich reellen Werth besitzt.

Ich habe oben bereits gesagt, dass am Grunde der Inflorescenz von *Lilaea* noch zwei weibliche Blüthen, die von den oberen durchaus abweichend gebaut sind, sitzen. Leider habe ich an meinem Materiale keine rechte Einsicht über die Entwicklung dieser Objekte erhalten können und auch die Darstellungen von Hieronymus haben eine empfindliche Lücke in der Wiedergabe des Ausbildungsganges, so dass dieser Punkt über die *Lilaea subulata* unerledigt bleiben

* Die aufrechte Stellung der anatropen Samenanlage passt nun freilich schlecht in den Rahmen der *Potamogetonaceen*, indes ist ein solcher Umstand, bei der notorischen Inconstanz in der Form und der Aufhängung dieses Organes von geringem Belange, wenn mir andere Momente wesentlicher erscheinen.

muss. Die Erscheinung, dass an ein und demselben Pflanzenstock viererlei verschiedene Blüthen angetroffen werden, gehört zu den merkwürdigsten, die ich kenne: am Grunde des Inflorescenzträgers stehen jene oben erwähnten weiblichen, an der Basis der Inflorescenz eine zweite Art gleichen Geschlechtes, in der Mitte der Aehre zwittrige, am Ende männliche Blüthen. Bezüglich der Einzelheiten verweise ich auf die Schrift von Hieronymus und meine Darstellung in der Flora Brasiliensis.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Fig. 1. *Costus Lucanusianus* K. Sch., Sprossscheitel mit zwei Blättern.
Fig. 2. *Derselbe*, Sprossscheitel mit einem Blatt und dem Vegetationskegel.
Fig. 3. *Costus Tappenbeckianus* K. Sch., Sprossscheitel mit drei Blättern f, f', f'' und dem Vegetationskegel.
Fig. 4. *Derselbe*, Vegetationskegel mit Anlage zweier jüngster Blätter.
Fig. 5—6. *Derselbe*, Vegetationskegel mit einem letzten Blatte in verschiedener Entwicklung.
Fig. 7. *Calla palustris* L., Seitenzweig einer Grundaxe, *kn* die Knospe aus der Achsel des zweiten Blattes dieses Sprosses.
Fig. 8. *Dieselbe*, Seitenzweig von der anderen Seite gesehen; M. die Stelle, wo sich die Scheidenränder des zweiten Blattes übergreifen.
Fig. 9. *Dieselbe*, erste Anlage eines Seitenzweiges.
Fig. 10. *Dieselbe*, Anlage des adossierten Vorblattes *ad. V.*
Fig. 11. *Dieselbe*, Anlage des zweiten Blattes f'' mit transversaler Lage der Mediane.
Fig. 12. *Dieselbe*, Anlage des zweiten Blattes mit weiter nach vorn gewendeter Mediane.
Fig. 13. *Dieselbe*, weiter entwickelter Seitenspross, von dem das adossierte Vorblatt weggenommen ist, f'' das zweite Blatt, f''' das dritte.
Fig. 14. *Aloë maculata* Curt., Sprossgipfel zu der Zeit, wenn distiche Blätter f' f'' angelegt werden.
Fig. 15. *Aloë plicatilis* Mill., Sprossgipfel zu der Zeit, wenn die Blätter in zwei gewundenen Zeilen angelegt werden.
Fig. 16. *Dieselbe*, Vegetationskegel v, an dem das letzte Blatt soeben entsteht.
Fig. 17. *Aloë pumila* Jacq., Vegetationskegel, die Blätter in drei gewundenen Zeilen ausgegliedert.
Fig. 18. *Pandanus Veitchii* Lem., Sprossscheitel mit zwei jüngeren Blattanlagen f^5 und f^6, welche den Vegetationskegel verdecken, f', f''' und f^4, die vorhergehenden Blätter in ihrer Stellung durch die Lage ihrer Blattkanten a, b, c bestimmt.
Fig. 19. *Cyperus papyrus* L., Sprossscheitel mit den drei jüngsten Blättern f'—f'''.
Fig. 20. *Scirpus silvaticus* L., Sprossscheitel mit drei jüngsten Anlagen f'—f'''.
Fig. 21. *Derselbe*, Vegetationskegel v mit einem älteren Blatte f'' und der jüngsten Neubildung f'''.

Fig. 22. *Pandanus Veitchii* Lem., Vegetationskegel mit den jüngsten drei Blättern f'—f'''.

Fig. 23. *Canna Indica* L., Blüthenstand in einem sehr frühen Entwicklungsstadium *kn.* Fortsetzungsspross des Sympodiums, *ad. v.* adossiertes Vorblatt, f' erstes Laubblatt, fl^1—fl^4 die ersten vier Blüthenpärchen.

Fig. 24. *Dieselbe*, Fortsetzungsspross des Sympodiums mit zwei Laubblättern in der ersten Anlage.

Fig. 25 und 26. *Dieselbe*, Blüthenstände in jugendlichem Zustande von oben gesehen, f'—f^6 Deckblätter, if^1—if^5 Primordien der Blüthenpärchen.

Fig. 27. *Amomum* spec. aus West-Afrika, Sprossgipfel mit den drei jüngsten Blattanlagen f' und f''; f''' ist nicht sichtbar, *v* der Vegetationskegel.

Fig. 28. *Dasselbe*, Sprossgipfel mit den beiden jüngsten Blättern f'' und f'''.

Taf. II.

Fig. 1. *Musa rosacea* Jacq., Sprossgipfel (Blüthenstand).

Fig. 2. *Vitis riparia* Michx., Sprossgipfel, an dem drei Blätter f'—f''' angelegt sind.

Fig. 3. *Amicia zygomeris* DC., Sprossgipfel f', f'' und f''' Laubblätter, *stp* Stipelpaar von f'', bei f' ist dasselbe weggeschnitten; *kn* Knospen aus der Achsel von f' und f''; φ erstes Blatt an der Knospe aus f'.

Fig. 4. *Dieselbe*, Contaktbild für distiche Anreihung der Blätter.

Fig. 5 und 6. *Dieselbe*, Contaktbild für die Berührung durch den Achselspross *kn.*

Fig. 7. *Polygonum acuminatum* H. B. Kth., Sprossgipfel eines Seitenzweiges der Grundaxe mit den drei letzten Blattanlagen.

Fig. 8. *Dasselbe*, Sprossgipfel als Contaktbild für die Anlage des jüngsten Blattes.

Fig. 9. *Polygonum Senegalense* Meissn., Sprossgipfel eines Laubtriebes als Contaktbild für die Anlage des jüngsten Blattes.

Fig. 10. *Rheum undulatum* L., Sprossgipfel eines Laubtriebes mit den drei letzten Blättern.

Fig. 11. *Caltha palustris* L., Sprossgipfel, das jüngste Blatt f'' stellt die Spreitenspitze in die tiefste Stelle der Scheidenöffnung von f'.

Fig. 12 und 13. *Bryonia alba* L., Sprossscheitel mit Primordien, die in zwei gewundenen Zeilen stehen, die eine Zeile wird durch f' f''' f^5 f^7, die andere durch f'' f^4 f^6 f^8 gebildet; die zweite Figur giebt das Contaktbild für die Anlage von f^5.

Fig. 14. *Sicyos angulata* L., Sprossgipfel.

Fig. 15. *Lagenaria vulgaris* Ser., Sprossgipfel.

Fig. 17. *Cucurbita pepo* L., Sprossgipfel.

Fig. 18. *Cucumis sativa* L., Sprossgipfel.

Fig. 19. *Cyclanthera pedata* Schrad., Sprossgipfel; bei f'' Zerfall des Achselproduktes in *R* die Ranken-, *B* die Laubspross-, *J* die Inflorescenzanlage.

Fig. 20. *Ecballium agreste* Rchb., Sprossgipfel mit normal spiraler Anreihung der Blattanlagen.

Fig. 21. *Bryonia alba* L., Sprossgipfel einer Winterknospe mit normal spiraler Anreihung der Blattanlagen und centrischer Stellung der Achselsprosse.

Fig. 22. *Menyanthes trifoliata* L., Anlage eines jungen Blattes f', welches in der Scheidenöffnung eines älteren als Hemmungskörper liegt.

Fig. 23. *Dieselbe*, Ausgliederung des jüngsten Blattes in der Scheidenöffnung des nächst älteren.

Fig. 24. *Dieselbe*, Anlage eines unteren Lateralstrahles, *ad. V.* adossiertes Vorblatt, *v* Vegetationskegel.

Fig. 25[a]. *Nelumbo nucifera* Gärtn., Sprossgipfel mit dem letzten Laubblatte *L* und der Anlage des fertilen Niederblattes *n* in der Scheidenöffnung des letzteren.

Fig. 25. *Dieselbe*, Sprossgipfel, an dem zwei Laubblätter *l* und l^1 sichtbar sind, *n* fertiles Niederblatt, n^1 und ν^1 sterile Niederblätter.

Fig. 26. *Dieselbe*, Sprossgipfel mit der Knospe *La* aus dem durch den Schnitt entfernten Laubblatte, sie legt soeben das adossierte Vorblatt *ad. V.* an; n^1 das in der Entwicklung begriffene sterile Niederblatt, *n* das fertile Niederblatt in seiner scheidigen Basis, *l* das Laubblatt.

Fig. 27. *Dieselbe*, der vorige Sprossgipfel von vorn betrachtet.

Fig. 28. *Dieselbe*, ein Sympodialglied, das von der Intrapetiolarstipel des abgeschnittenen Laubblattes umgriffen wird, *La* die weiter entwickelte Knospe des letzteren mit dem adossierten Vorblatt *ad. V.*

Fig. 29. *Dieselbe*, eine Knospe aus dem Laubblatte weiter entwickelt; *n* das fertile erste, n^1 das sterile Niederblatt, *l* das erste Laubblatt.

Fig. 30 und 31. *Dieselbe*, Seitenknospen mit den Läppchen φ und φ', welche den *squamulae intravaginales* homolog sind.

Taf. III.

Fig. 1. *Adoxa moschatellina* L., Stück der Blüthenstände erzeugenden Grundaxe.

Fig. 2. *Dieselbe*, Vegetationskegel *t* mit dem Inflorescenzprimord *ifl* in der Achsel eines weggeschnittenen Deckblattes.

Fig. 3. *Dieselbe*, weiter entwickelte Inflorescenz *ifl* mit den Anlagen der zwei laubigen Begleitblätter, auch hier ist das Deckblatt entfernt, *f* letztes Blatt der Grundaxe.

Fig. 4. *Dieselbe*, Primord des Blüthenstandes mit den zwei ersten Blüthenanlagen *P*.

Fig. 5. *Dieselbe*, Blüthenstand mit vier Blüthenanlagen *P* und *p* und der Terminalblüthe, welche die grossen Kelchblätter *S* anlegt.

Fig. 6. *Dieselbe*, gewöhnlicher Fall der Blüthenstellung, derzufolge die grossen Kelchblätter der Terminalblüthe über die grossen Primordien *P*, also in Decussation mit den laubigen Begleitblättern stehen.

Fig. 7. *Dieselbe*, seltener Fall der Blüthenstellung, derzufolge die grossen Kelchblätter in die Mediane der Begleitblätter zu liegen kommen.

Fig. 8. *Dieselbe*, Seitenblüthe fl^{II} nach der Anlage des Kelches.

Fig. 9. *Dieselbe*, Seitenblüthe, in der sich die unteren Blumenblätter p^i entwickeln (p^s oberes Blumenblatt, p^m mittlere Blumenblätter).

Fig. 10. *Dieselbe*, fünfgliedrige Gipfelblüthe, *Ck* Rückencontaktkörper, *s* erstes unpaares Kelchblatt, *s'* die paarigen oberen Sepalen, s'' obere Kelchblätter von *P*.

Fig. 11. *Dieselbe*, die Gipfelblüthe allein von oben gesehen.

Fig. 12. *Dieselbe*, fünfgliedrige Gipfelblüthe, welche im Begriff ist, die paarigen Kelchblätter *s'* anzulegen.

Fig. 13. *Dieselbe*, Blüthenstand mit 7 Blüthenanlagen; *P* die ersten grossen, *p* die kleinen Anlagen, π die hinzugekommenen Blüthenprimordien; *D* das kragenförmige Rudiment des Deckblattes.

Fig. 14. *Dieselbe*, Gipfelblüthe in dem Zustande, wenn die elliptisch umrissenen Staminalprimordien sich zerklüften.

Fig. 15. *Potamogeton perfoliatus* L., Entwicklung der Grundaxe, Ausgliederung des Fortsetzungssprosses *kn*, *v* Vegetationskegel, der zum Laubsprosse wird.

Fig. 16. *Derselbe*, Entwicklung der Grundaxe, weiteres Stadium; an dem Laubsprosse sind bereits die ersten Blattanlagen (f''' und f) sichtbar.

Fig. 17. *Potamogeton natans* L., Vegetationskegel eines noch sehr jungen Laubsprosses.

Fig. 18. *Derselbe*, Vegetationskegel aus dem oberen Theil eines Laubsprosses.

Fig. 19. *Potamogeton perfoliatus* L., Vegetationskegel eines entwickelten Laubsprosses.

Fig. 20. *Potamogeton natans* L., Anlage des Blüthenstandes; f und f' die Spathablätter, in der Achsel die Seitenstrahlen, von denen der aus f^1 der geförderte; *pr* erste Blüthenanlage.

Fig. 21. *Potamogeton densus* L., dasselbe.

Fig. 22. *Potamogeton decipiens* Nolte, Vegetationskegel der Inflorescenz mit Blüthenanlagen bedeckt.

Fig. 23. *Derselbe*, die Ausgliederung der ersten Blätter aus den Blüthenprimordien.

Fig. 24. *Derselbe*, ein einzelnes Blüthchen von der Seite gesehen, um das Deckblattrudiment *kr* zu zeigen.

Fig. 25. *Potamogeton densus* L., junge Inflorescenz von der Seite.

Taf. IV.

Fig. 1. *Potamogeton densus* L., junge Inflorescenz von vorn.

Fig. 2. *Potamogeton perfoliatus* L., Scheitel einer Inflorescenz von oben gesehen.

Fig. 3. *Potamogeton decipiens* Nolte, Scheitel einer Inflorescenz mit röhrenförmigem Axenende.

Fig. 4. *Derselbe*, die Röhre selbst.

Fig. 5. *Derselbe*, die Röhre von oben gesehen, mit den vier den Perigonblättern homologen Zipfeln 1—4.

Fig. 6. *Potamogeton pusillus* L., Vegetationskegel mit den dorsiventral gestellten, in die Scheidenöffnungen fallenden Blättern.

Fig. 7. *Potamogeton decipiens* Nolte, dreigliedrige Gipfelblüthe.

Fig. 8. *Derselbe*, Contaktbild zur Entstehung der dreigliedrigen Gipfelblüthe.

Fig. 9. *Derselbe*, unregelmässig fünfgliedrige Gipfelblüthe von oben, *S* das kleinste Staubblattprimord.

Fig. 10. *Derselbe*, die vorige Blüthe von der Seite.

Fig. 11. *Derselbe*, zweigliedrige Gipfelblüthe mit decussierter Stellung von Staub- und Fruchtblattanlagen.

Fig. 12. *Derselbe*, Ausgliederung der Staubblattprimordien; bei *R* verzögerte Anlage eines obersten Staubblattes.

Fig. 13. *Potamogeton natans* L., ein Staubblatt von innen gesehen, mit dem infraponierten Perigonblatte; *Co* Connectivanhang.

Fig. 14. *Ruppia maritima* L., Vegetationskegel im Begriffe den Blüthenstand auszubilden.

Fig. 15. *Dieselbe*, Blüthenstandsanlage mit den beiden Blüthenprimordien fl und fl^1; *kn* die Knospen in den Achseln der Spathablätter f und f'.

Fig. 16. *Dieselbe*, Blüthenprimordium fl im Begriff die drei Parzellen abzuscheiden; fl^1 obere Blüthe.

Fig. 17. *Dieselbe*, oberes Blüthenprimordium fl^1 mit den drei Parzellen.

Fig. 18. *Dieselbe*, unteres Blüthenprimordium fl, weiter entwickelt, *M* Mittel-, *o* Ober-, *u* Unterparzelle, f' Oberblüthe.

Fig. 19. *Dieselbe*, Blüthenprimordium im Zerfall der Ober- und Unterparzelle; *Sch* Scheide des unteren, Sch^1 Scheide des oberen Spathablattes.

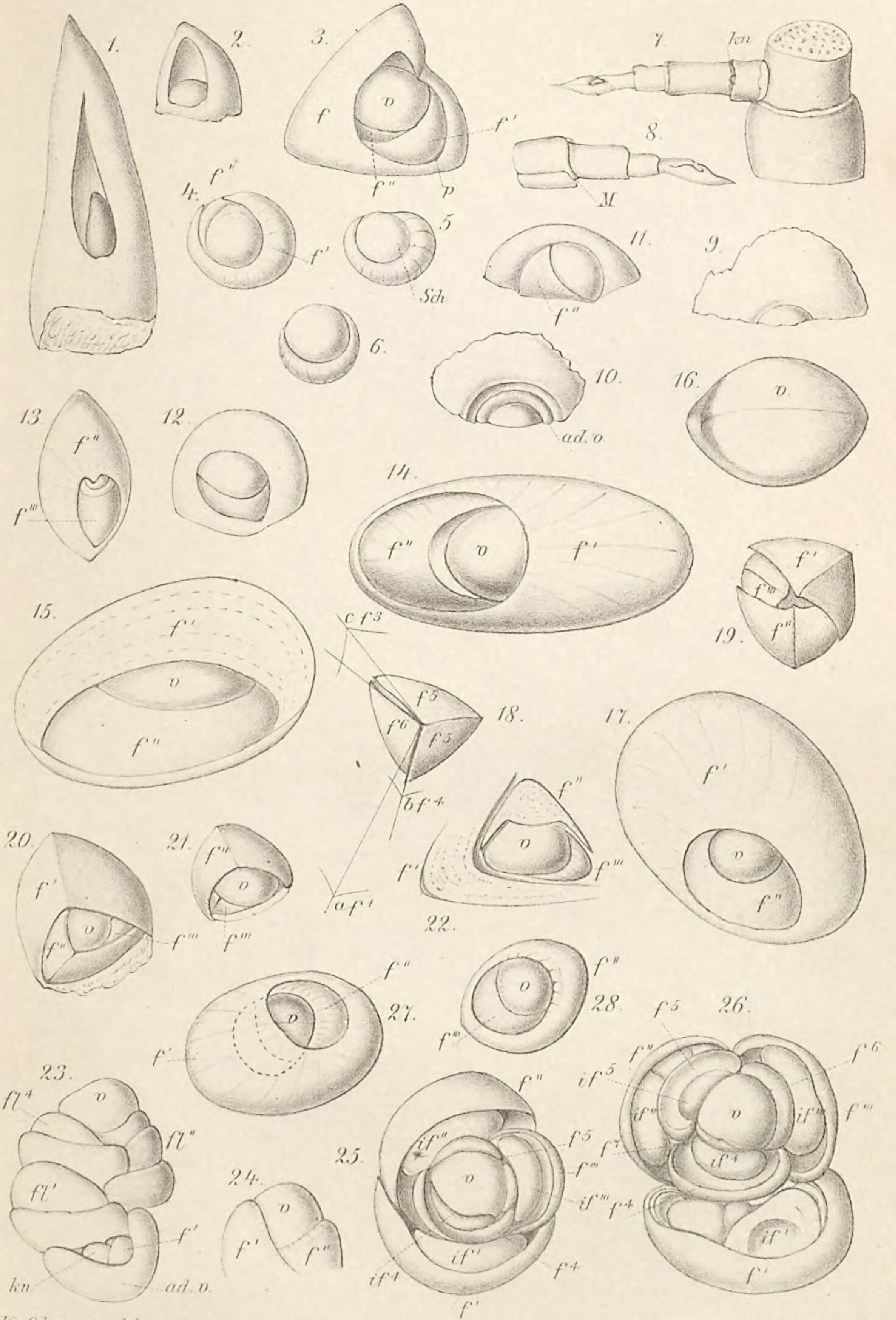
Fig. 20. *Dieselbe*, das vorige weiter entwickelt, *a* und *a'* die Theken der Antheren.
Fig. 21. *Dieselbe*, Anlage der zwei transversalen Karpiden *cp*, Vorbereitung zur Ausgliederung der medianen *cp'*.
Fig. 22. *Dieselbe*, der vorige Zustand, weiter entwickelt; *C* Connectivanhang.
Fig. 23. *Dieselbe*, die vier Karpiden sind entwickelt; *v* der zur Besetzung mit Neubildungen noch verfügbare Vegetationskegel.
Fig. 24. *Dieselbe*, Vorbereitung zur Ausbildung eines fünften Karpids bei *Cp''*.
Fig. 25. *Dieselbe*, Gynäceum mit sieben Karpiden.
Fig. 26. *Dieselbe*, tetrakarpidiäres Gynäceum.
Fig. 27. *Dieselbe*, pentakarpidiäres Gynäceum an einer Oberblüthe.
Fig. 28. *Dieselbe*, hexakarpidiäres Gynäceum.
Fig. 29. *Dieselbe*, hexakarpidiäres Gynäceum mit vier Karpiden in einer Reihe.
Fig. 30. *Dieselbe*, Blüthenstand *st''* unteres, *st⁰* oberes Staubblatt, *C* Connectivschuppe.

Taf. V.

Fig. 1. *Zannichellia palustris* L., männliche Blüthe *st*; am Grunde *p* Rudiment eines adossierten Vorblattes, *B* Begleitblatt, *kn* Knospe in der Achsel desselben, *sq* squamulae intravaginales, *cp* weibliche Blüthe.
Fig. 2. *Dieselbe*, *B* mit offener Stipularscheide *Sch.*
Fig. 3. *Dieselbe*, Sprossgipfel, *a* und *a'* unteres, *b* und *b'* oberes Spathablatt.
Fig. 4. *Dieselbe*, Achselprodukt aus *b*, *G* Grundblatt.
Fig. 5. *Dieselbe*, Sprossgipfel, um die gleiche Grösse der drei Organcomplexe zu zeigen.
Fig. 6. *Althenia filiformis* Pet., männliche Blüthe, *pe* Perigonzipfel, *Co* Connectiv.
Fig. 7. *Dieselbe*, *ant* männliche Blüthe, *pr'* Seitenstrahl erster, *pr''* zweiter Ordnung, *φ'* und *φ''* die dazu gehörigen Blätter.
Fig. 8. *Dieselbe*, *a* und *b* Spathablätter, *Ax* Seitenstrahl aus *b*.
Fig. 9. *Lilaea subulata* H. B. K., Vegetationskegel der Inflorescenz.
Fig. 10. *Dieselbe*, die in voriger Figur entfernte untere Beiknospe ist hier noch vorhanden.
Fig. 11. *Dieselbe*, Sprossspitze.
Fig. 12. *Dieselbe*, Entwicklung der Blüthenprimordien.
Fig. 13 und 14. *Hippuris vulgaris* L., Entwickelte Blüthe von hinten und von vorn.
Fig. 15. *Dieselbe*, Sprossgipfel, *pr* Blüthenprimord.
Fig. 16—19. *Dieselbe*, Blüthenentwicklung.

Taf. VI.

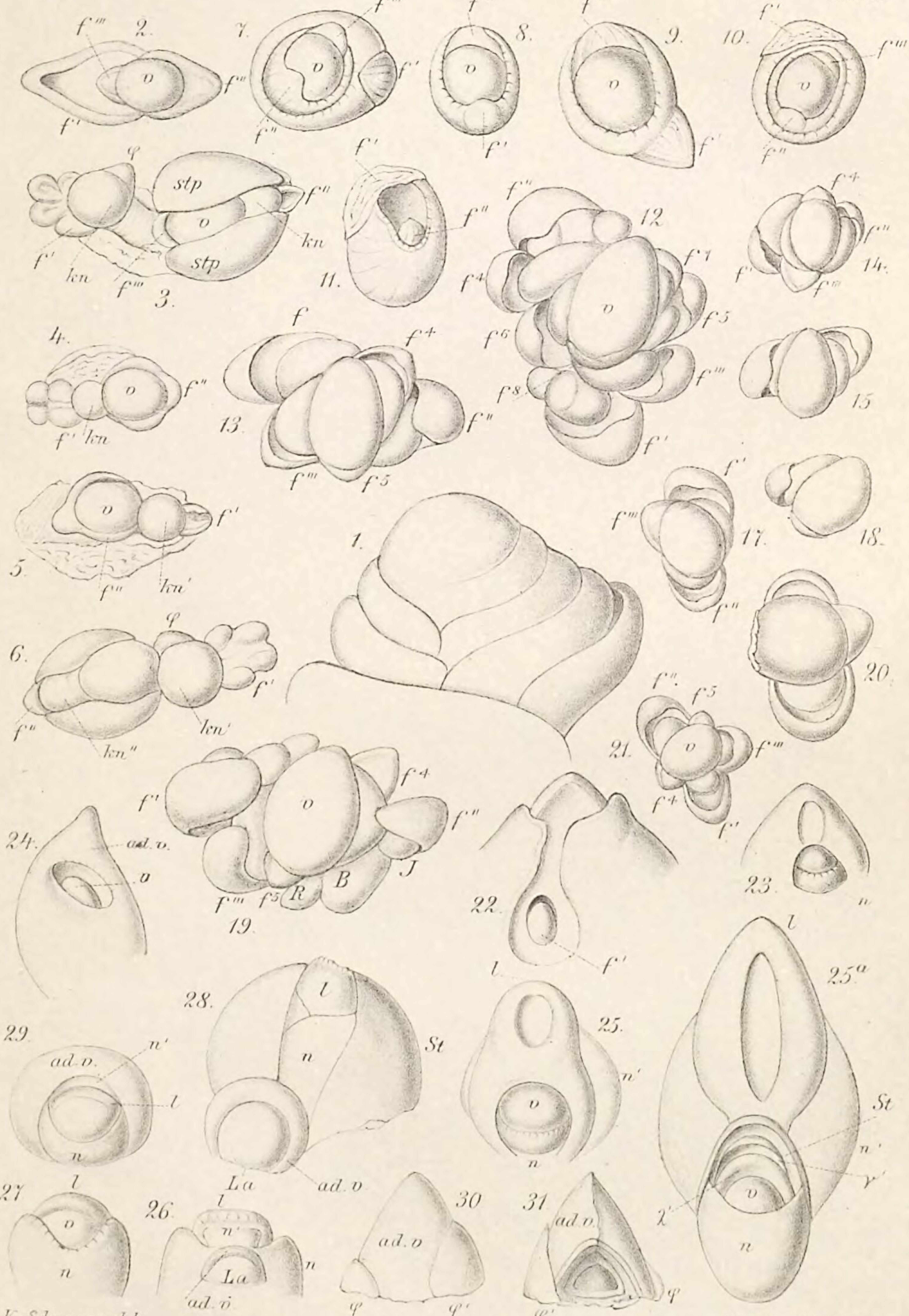
Fig. 1. *Najas graminea* Del., *ff'*, *ff''* und *ff'''* fertile Blätter, *fst'* steriles Blatt, *fl'* und *fl''* Blüthenanlagen; *f'* und *f''* Anlagen des Seitenzweiges, welcher mit der Blüthe aus einem gemeinsamen Primord durch Parzellierung entsteht.
Fig. 2 und 3. Figuren zur Ermittlung des geometrischen Ortes von der Beschaffenheit, dass die gegebenen Punkte mit einem in der Mitte gelegenen gleiche Winkel bilden.
Fig. 4. Construktion der Curven in einem bestimmten Falle von *Cyperus papyrus* L.
Fig. 5—8. Figuren zur Erläuterung der durch das Wachsthum bedingten Verschiebungen.



K. Schumann del.

E. Laue lith. Berlin.

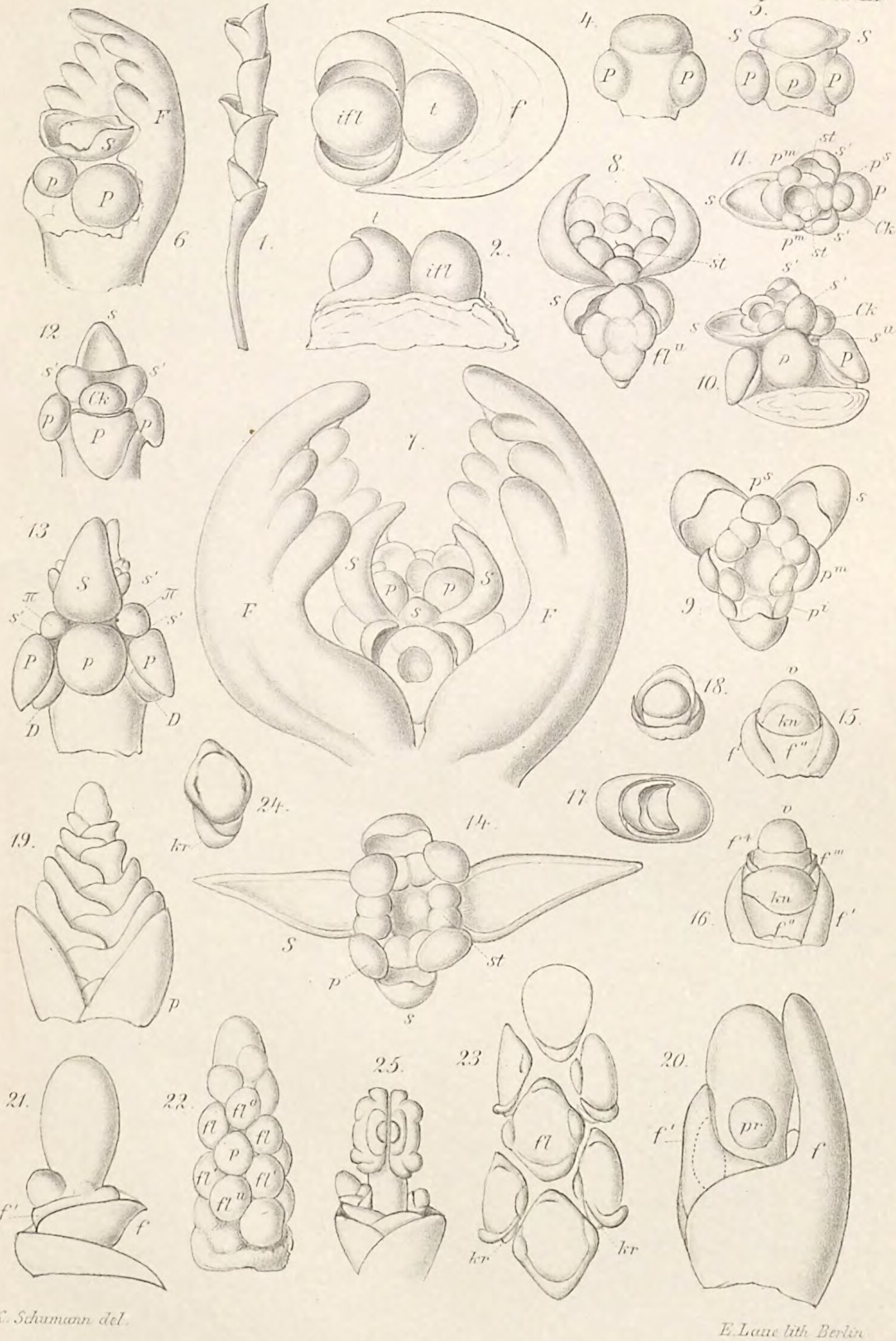
Taf. II.



K. Schumann del.

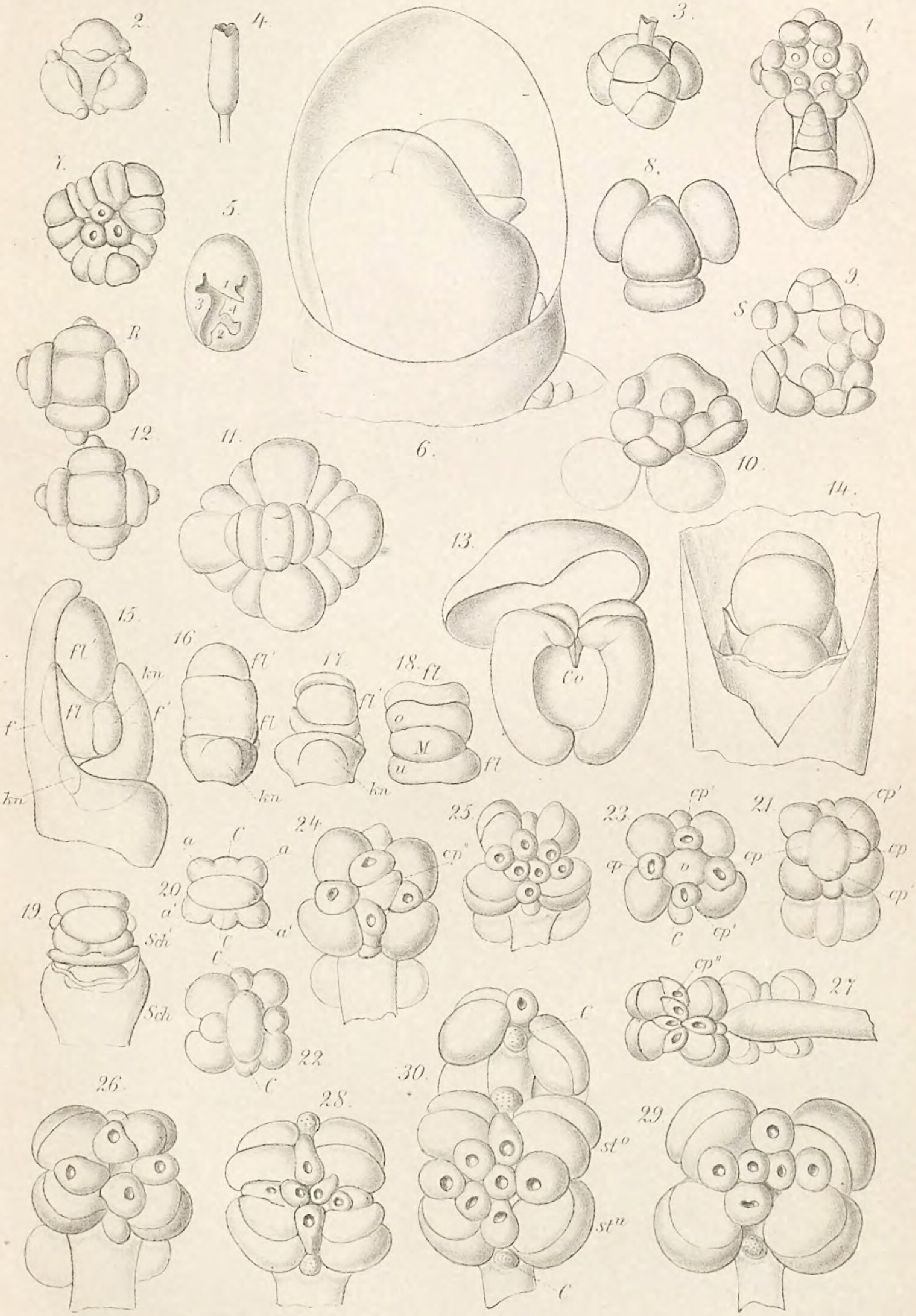
E. Laue lith. Berlin

Taf. III



K. Schumann del.

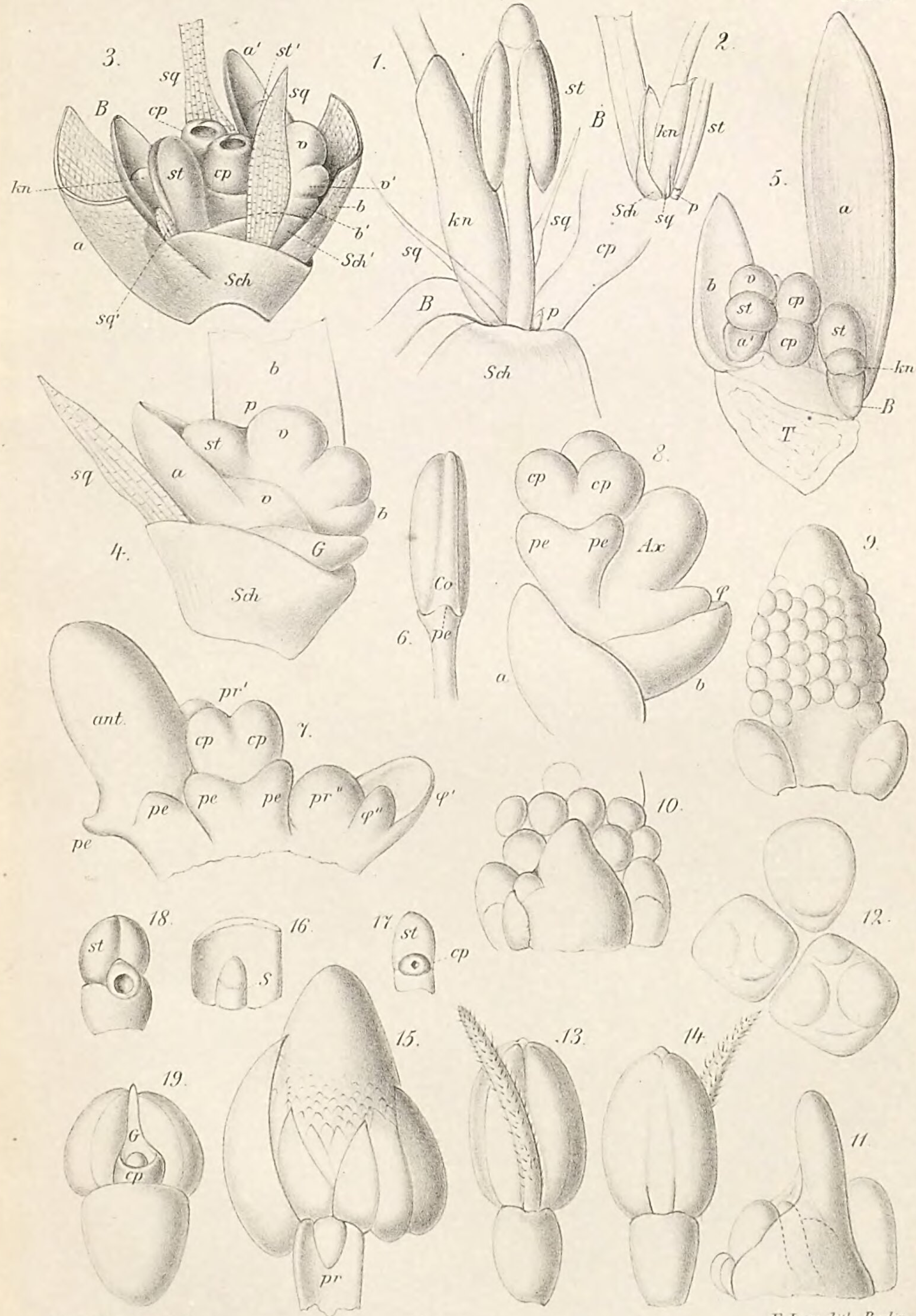
E. Laue lith. Berlin



K. Schumann del.

E. Laue lith. Berlin.

Taf. V.

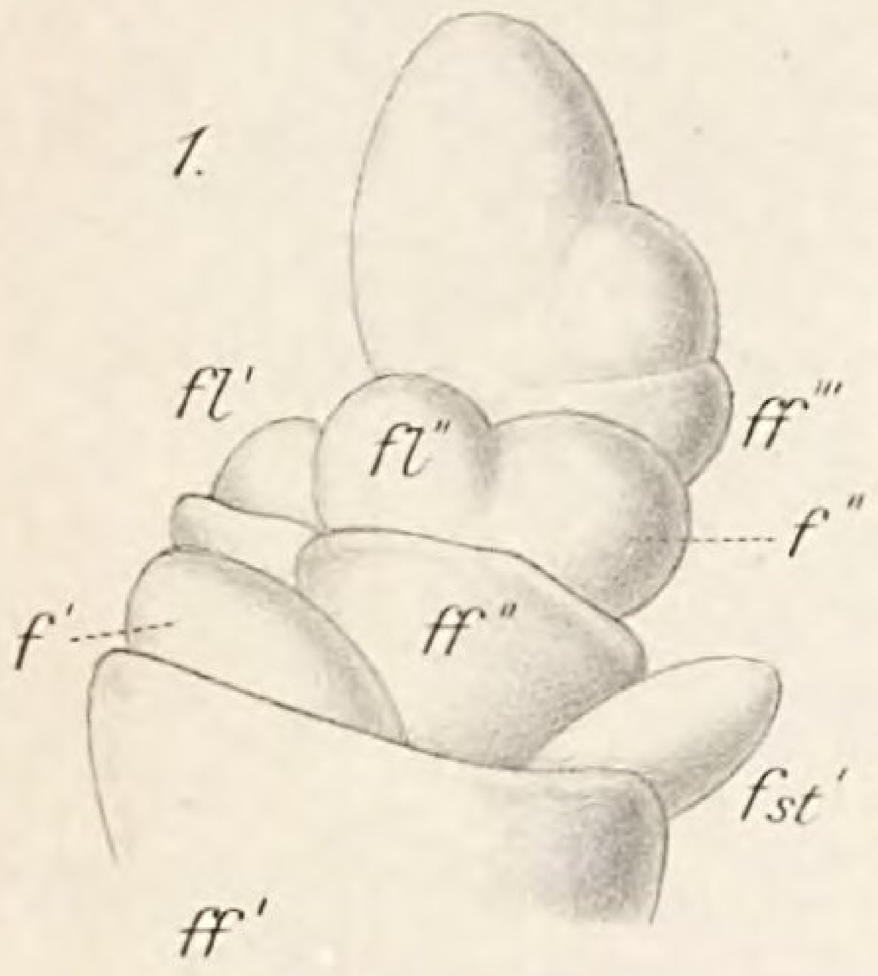


K. Schumann del.

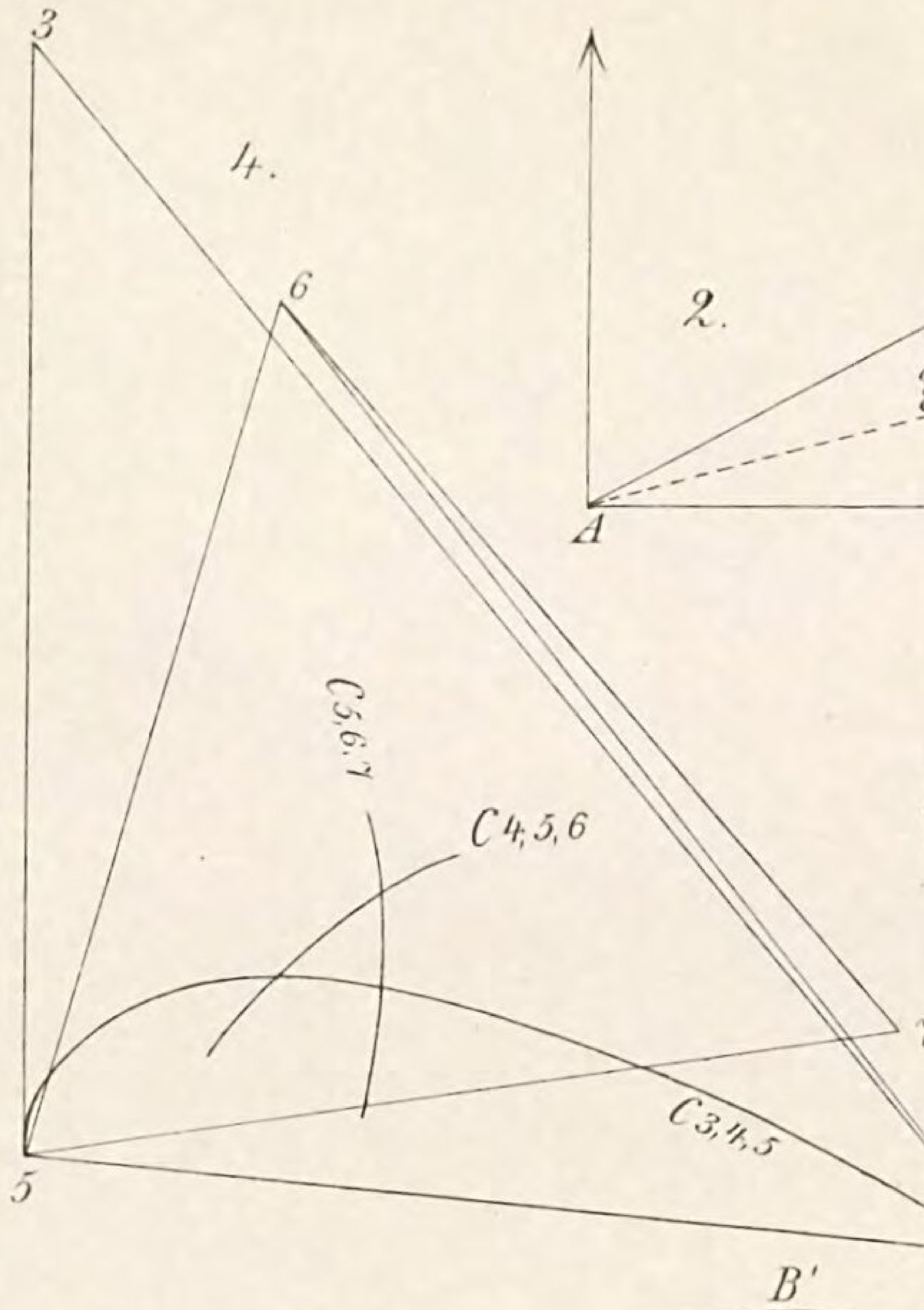
E. Laue lith. Berlin.

Taf. VI.

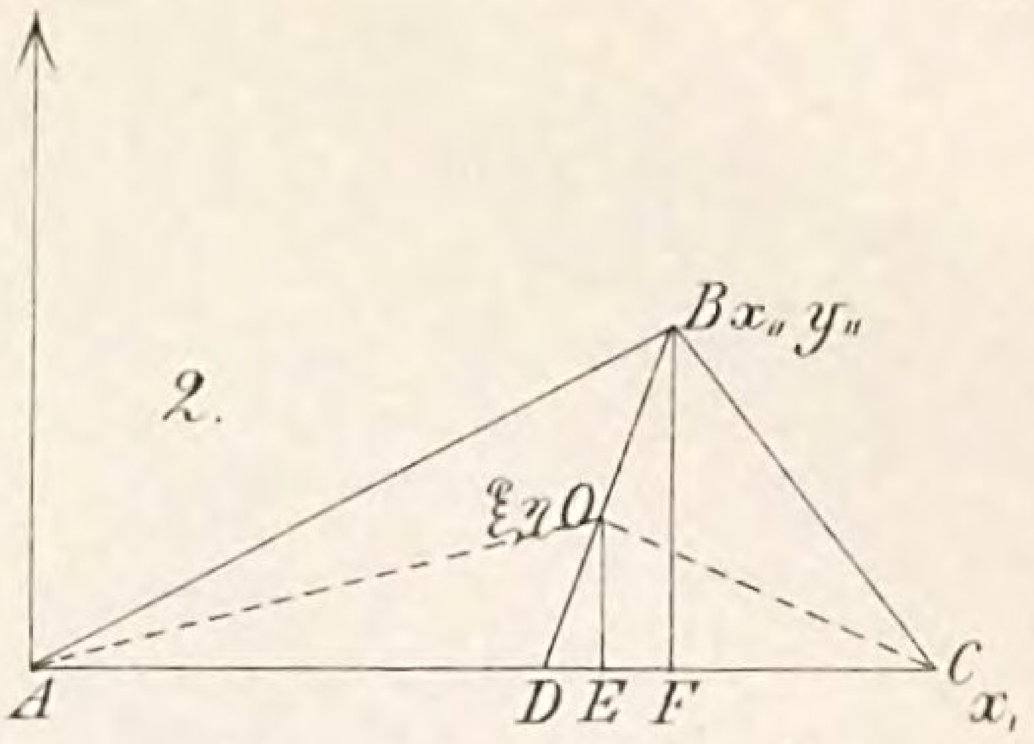
1.



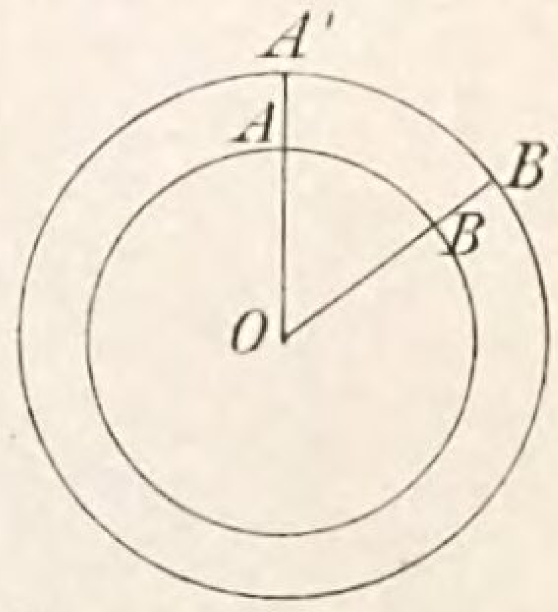
4.



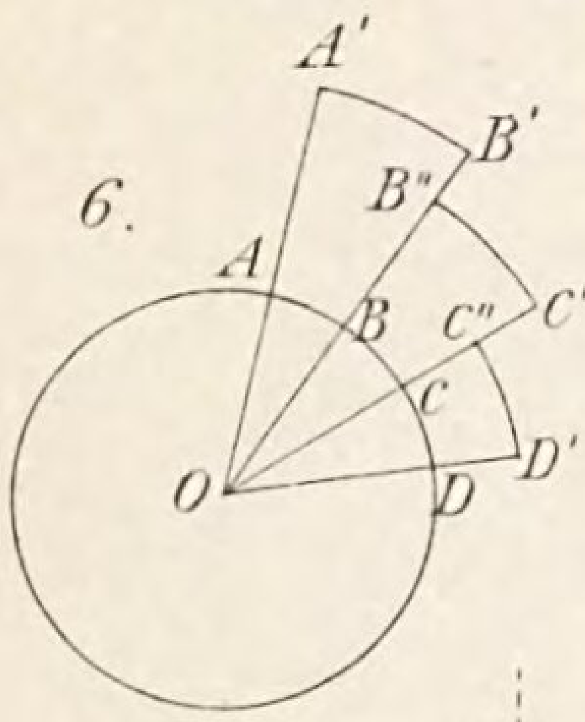
2.



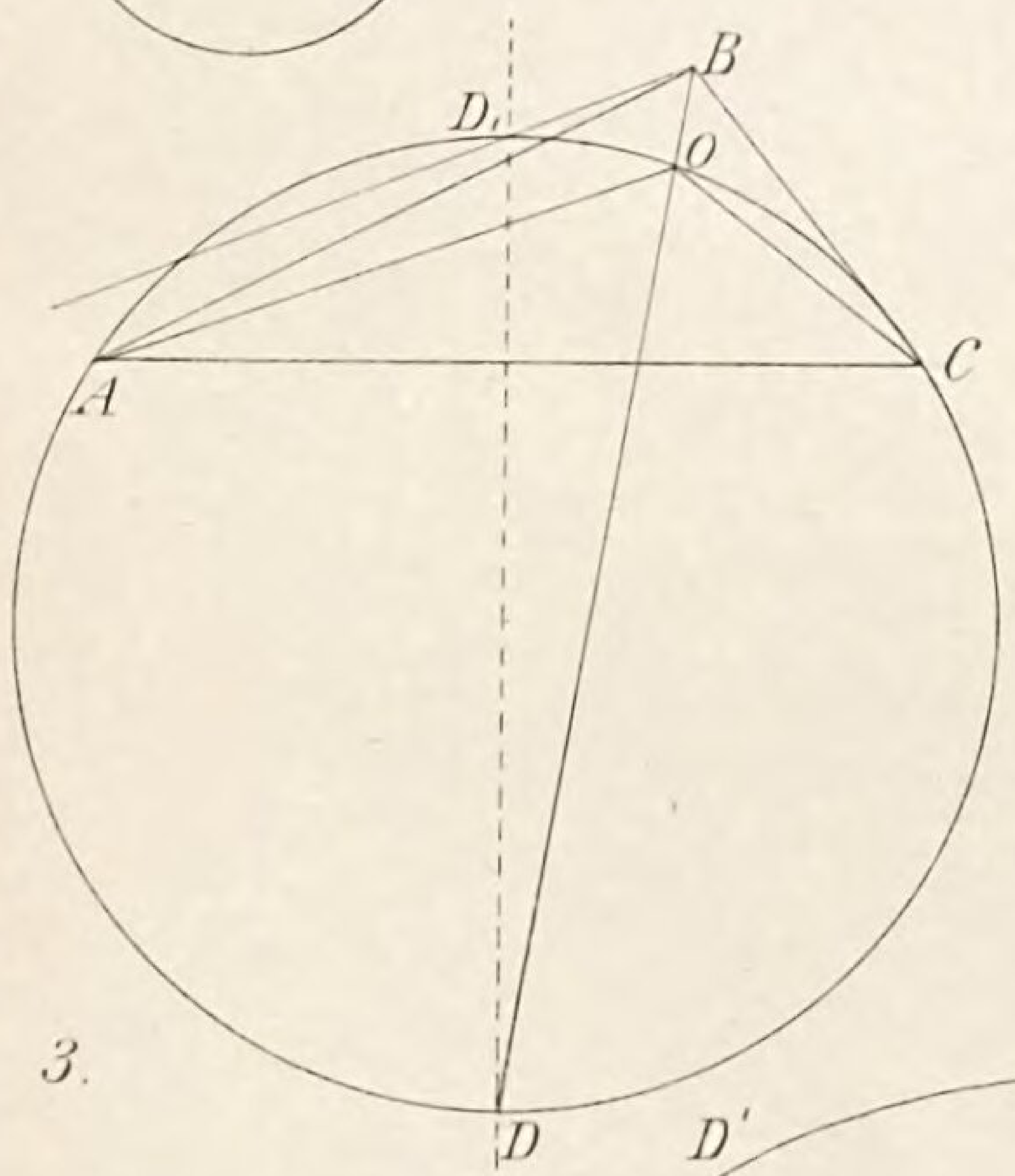
5.



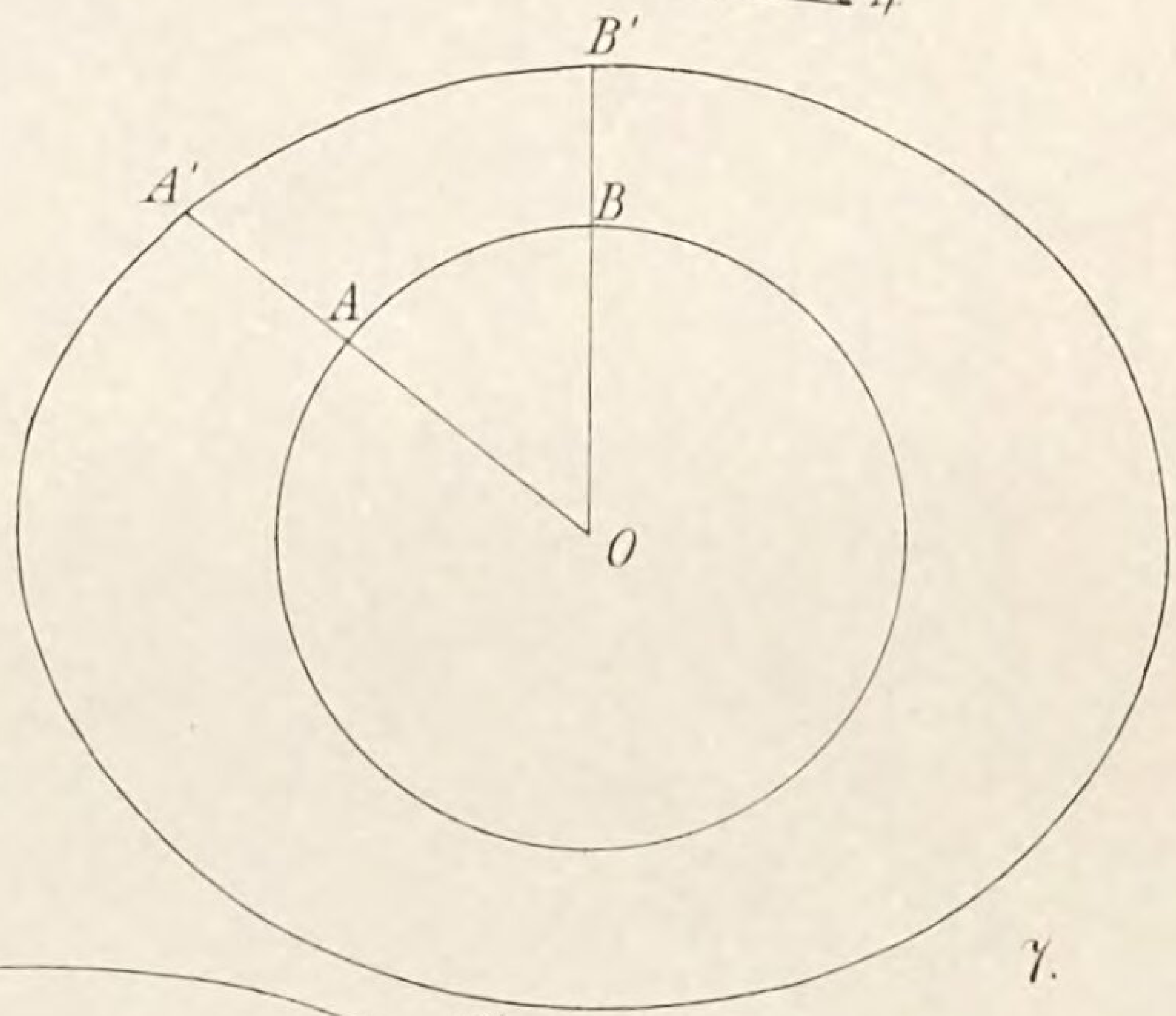
6.



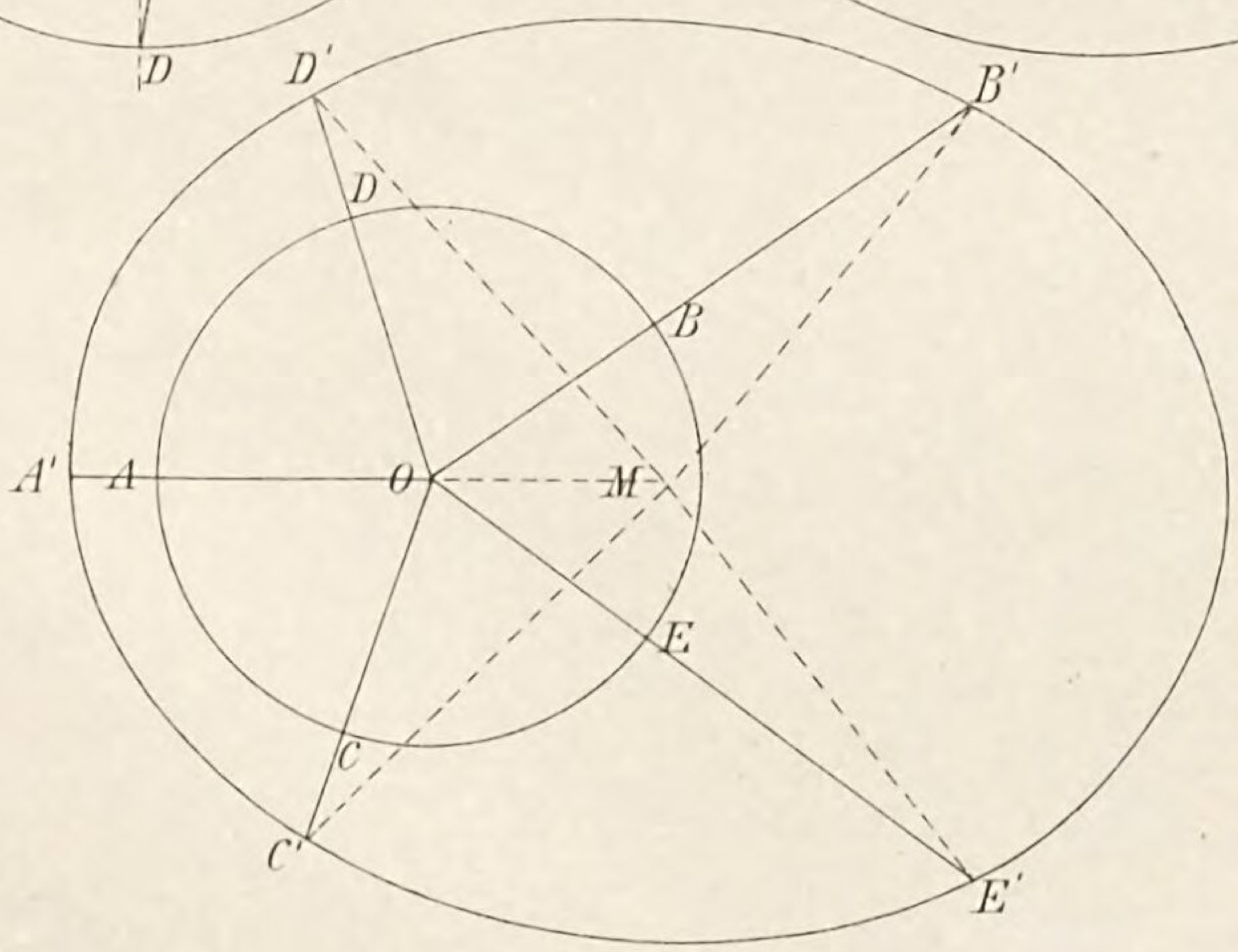
3.



7.



8.



K. Schumann del.

E. Laue lith. Berlin.

Phyt. 641 f d

MORPHOLOGISCHE STUDIEN

VON

PROF. DR. K. SCHUMANN
KUSTOS AM KÖNIGLICHEN BOTANISCHEN MUSEUM IN BERLIN

HEFT II

BOGEN 14—20 MIT FIGUR 1—6 IM TEXT

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1899.

Früher erschien: **Heft I.** Mit sechs lithographischen Tafeln. gr. 8. ℳ 10.—.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Handbuch

der

Blütenbiologie

unter Zugrundelegung von **Hermann Müller's** Werk:
„Die Befruchtung der Blumen durch Insekten"
bearbeitet von

Dr. Paul Knuth

Professor an der Ober-Realschule zu Kiel,
korrespondierendem Mitgliede der botanischen Gesellschaft Dodonaea zu Gent.

I. Band:

Einleitung und Litteratur.

Mit 81 Abbildungen im Text und 1 Porträttafel.
gr. 8. 1898. Geh. ℳ 10.—; geb. (in Halbfranz) ℳ 12.40.

II. Band:

Die bisher in Europa und im arktischen Gebiet gemachten blütenbiologischen Beobachtungen.

1. Teil:

Ranunculaceae bis Compositae.

Mit 210 Abbildungen im Text und dem Porträt **Hermann Müller's.**
gr. 8. 1898. Geh. ℳ 18.—; geb. (in Halbfranz) ℳ 21.—.

In Vorbereitung befindet sich:
II. Band, 2. Teil: **Lobeliaceae bis Coniferae.**
III. Band: Die aussereuropäischen blütenbiologischen Beobachtungen.

Prof. Kirchner (Hohenheim) schreibt über das Werk in der **Naturwissensch. Wochenschrift** XIII. Jahrg. Nr. 36:

»Ein Handbuch der Blütenbiologie ist von allen, die sich mit den Bestäubungseinrichtungen der Blütenpflanzen eingehender bekannt machen wollen oder selbständig dieses Gebiet bearbeiten, mit Sehnsucht erwartet worden, da E. Loew's vortreffliche »Blütenbiologische Floristik« nur Mittel- und Nord-Europa berücksichtigt und im übrigen die weitschichtige, nach H. Müller's Alpenblumen erschienene Litteratur blütenbiologischen Inhalts ungemein zerstreut und teilweise nicht leicht zugänglich ist.

Das in der bekannten vorzüglichen Ausstattung des Engelmann'schen Verlages hier vorliegende Werk, welches anfänglich nur als eine Neubearbeitung des auf dem Titel angeführten Müller'schen Buches geplant war, kommt dem unleugbar vorhandenen Bedürfnis entgegen, da es als ein umfassendes und erschöpfendes Handbuch angelegt ist. Eine Riesenaufgabe hat sich der Verfasser damit gestellt, auch wenn er nur die vorhandenen Beobachtungen zusammenfassen will, ohne eigene hinzuzufügen, und wenn die jetzt abgeschlossenen beiden Bände, wie Verf. mitteilt, das Resultat einer dreijährigen Arbeit sind, so wird man dem aufgewendeten Fleisse seine rückhaltlose Anerkennung nie versagen.«

Neue Untersuchungen

über den

Blüthenanschluss

von

Dr. Karl Schumann

Zweiter Kustos am Kgl. botanischen Museum in Berlin.

Mit 10 lithographischen Tafeln. gr. 8. 1890. ℳ 20.—.

III. Die Extraxillation der Borraginaceen- und Solanaceen-Inflorescenzen.

In zwei Arbeiten* über die Borraginaceen-Inflorescenzen habe ich versucht, eine Erklärung für die eigenthümliche Thatsache zu geben, dass die Inflorescenzen häufig aus der Achsel des Tragblattes entfernt und an der Axe bis über das zweite, ja sogar das dritte Blatt emporgehoben werden. Ich hatte die Beobachtung gemacht, dass die Primordien derjenigen Inflorescenzen, welche später extraxilliert werden, von Anfang an ausserordentlich kräftig sind, dass sie nicht blos direct in der Blattachsel sitzen, sondern dass sie zugleich an der Axe mit einem verhältnissmässig hohen Fusse inseriert sind. Wenn nun in dem ganzen Sprosssystem die Längendehnung beginnt, welche erfahrungsgemäss in der Nähe der Blattachsel am ausgiebigsten zu sein pflegt, so muss sie auch in dem Fusse des Primords Platz greifen, und deshalb wird der Blüthenstand, welcher sich stets nur aus dem freien, nicht angehefteten Scheitel des Primords entwickelt, an der Axe gleichsam heraufgeschoben erscheinen. Die Beobachtung einer derartigen Emporhebung um ein minder beträchtliches, innerhalb des eigenen Internods gelegenes Stück ist auch bei den *Solanum*-Arten häufig zu machen.

Die Höhe der Anheftung, mit anderen Worten, die Länge des Fussstückes steht in einem directen Verhältniss mit der Grösse der Inflorescenzanlage, und diese ist wieder abhängig von dem Umfange des endlichen Blüthenstandes. Die höchsten Emporhebungen, welche mir bekannt sind, finden sich bei *Anchusa*, und hier sind auch die Junganlagen sehr umfangreiche Körper. Sie greifen in der ersten Anlage sehr hoch an der Axe empor und reichen oft so weit, dass der obere Rand des Fusses über die Insertion des folgenden, ja des

* K. Schumann in Ber. Deutsch. bot. Ges. VII. 57, X. 63.

zweiten, in seltenen Fällen sogar des dritten Blattes reicht. Findet nun die Dehnung in der Axe statt, so muss der Blüthenstand an der Stelle bezüglich der folgenden Blätter hervortreten, bis zu welcher die Anheftung mittelst des Fusses in der Knospe gereicht hat, er wird also über dem folgenden zweiten oder dritten Blatte aus der Axe entspringen.

Diese Thatsache habe ich für *Anchusa italica* festgesetzt. Die Pflanze ist deswegen besonders für die Festsetzung des Verhältnisses geeignet, weil nicht selten der Vergleich zwischen der Anheftung des Primords an der Axe bezüglich eines höher stehenden Blattes als des Tragblattes f^0 der Blüthenstandsanlage leicht zu ziehen ist. Das f^0 zunächst und in unmittelbarer Nachbarschaft gelegene Blatt f^2 wird nämlich von der oberen Insertionsstelle des Inflorescenzprimords nicht selten überragt. Der Vergleich der oberen Insertionshöhe des letzterwähnten mit der Insertionshöhe des nächstfolgenden Blattes f^1 ist wegen der grösseren peripherischen Entfernung schwieriger und unsicherer.

Vor 4 Jahren hat nun Kolkwitz* für die Extraxillation von *Symphytum officinale* eine andere Erklärung zu geben versucht. Er will zwar meine Befunde an *Anchusa* nicht direct in Zweifel ziehen, meint aber, dass an seinem Untersuchungsobjecte ganz andere Verhältnisse vorgelegen haben. Bei *Symphytum* findet die Extraxillation über das folgende Blatt statt; indem er aber auch für die Emporhebung der Inflorescenz über das zweite und das dritte Blatt seine Erfahrung zu verwerthen unternimmt, wird meine Darstellung der Sachlage bei *Anchusa* indirect in Frage gezogen.

Ich habe nun die Verhältnisse bei *Symphytum officinale* untersucht, zahlreiche Präparate angefertigt und gezeichnet. Es gereicht mir zur besonderen Genugthuung, feststellen zu können, dass diese Aufnahmen mit den Zeichnungen von Kolkwitz, soweit sie den von ihm hergestellten Präparaten entnommen und nicht schematischer Natur sind, wie seine Figuren 4—9, vollkommen übereinstimmen. Dagegen muss ich gegen die Ausdeutung derselben einige Bedenken erheben.

Kolkwitz ist offenbar über die Anheftung von Lateralstrahlen an ihren Axen nicht genügend unterrichtet. Zwischen der Insertion einer echt axillären Knospe und derjenigen einer später extraxillierten Inflorescenz der *Borraginaceen* herrscht ein ganz erheblicher Unterschied. Hätte er die Knospe eines unteren, zunächst nur Blätter tragenden Seitenzweiges einer Pflanze untersucht, so würde er

* Kolkwitz in Ber. Deutsch. bot. Ges. XIII. 280.

gefunden haben, dass diese in der That genau in den Raum zwischen Blatt und Axe eingekeilt ist. Sie steht senkrecht aufrecht, der Querschnitt durch die Basis ihres Körpers liegt horizontal.

Nun wollen wir einmal KOLKWITZ's eigene Abbildung über die Insertion des Blüthenstandes von *Symphytum* zu Rathe ziehen. Betrachten wir den Längsschnitt in Fig. 2, welcher sehr richtig die erste Anlage der Inflorescenz wiedergiebt. Ist dieselbe genau axillär inseriert? Zweifelsohne reicht der untere Saum bis an die Stelle zwischen Blatt und Axe, bis in die Blattachsel; sie sitzt doch aber ebenso sicher nicht in derselben, sondern ist mit einem breiten und hohen Fusse der Axe aufgesetzt. Besser als durch diese Zeichnung hätte ich den Sachverhalt auch nicht zur Darstellung bringen können. Gehen wir nun zu Fig. 3 über, so wiederholt KOLKWITZ dieselbe Beobachtung. Der Blüthenstand aus der Achsel des Blattes 13 ist nicht in die Blattachsel, also den Raum zwischen Blatt und Axe, eingelassen, sondern tritt ganz klar und deutlich aus der Axe selbst hervor. An der darüber befindlichen Anlage in der Achsel des Blattes 18 wird eine andere Thatsache bemerkbar, nämlich jene Veränderung gegen das Primordium derselben Inflorescenz in Fig. 2, derzufolge sich die Spitze deutlich von dem Basalstück des Primords abhebt; aus jenem aber geht allein die Inflorescenz hervor.

Ehe ich in der Interpretation der 2 KOLKWITZ'schen Figuren fortfahre, muss ich eine Angabe berichtigen, die er gemacht hat. Er legt meiner Auseinandersetzung über den Befund bei *Anchusa* folgende Worte unter:* »Er gelangte zu der Ansicht, dass dieselben (die Verschiebungen der Blüthenstände) nur scheinbar wären, weil die Insertionsstellen der betreffenden Axillarsprosse von vornherein oberhalb des nächst- und zweitfolgenden Blattes lägen.« Meine Worte** über den Sachverhalt sind folgende: »Zur Ausgliederung der letzteren (der Primordien der Achselsprosse) wird aber ein relativ ausserordentlich grosses Stück des Kegelmantels in Anspruch genommen: sie sitzen nicht blos im Blattachselgrunde, sondern sind mit breitem Fusse dem Kegel aufgesetzt. Man erkennt den Sachverhalt sehr leicht auf dem Längsschnitte, aber auch dann, wenn man den Körper von der Seite betrachtet oder mit der Nadel prüft, bis wohin er auf dem Substrat festsitzt.«

Wenn dann ferner KOLKWITZ sagt, dass nach meiner Darstellung das Primordium nicht als morphologische Einheit aufzufassen sei, so

* KOLKWITZ l. c. 280.

** K. SCHUMANN in Ber. d. Deutsch. bot. Ges. X. 67.

verstehe ich diesen Einwurf nicht, denn meine Figur* zeigt ganz offenbar, wie das Primord (I. 65, Fig. 2, f^4 und f^6) als ein einheitlicher Körper ausgegliedert wird; meine Zeichnung stimmt mit der von ihm gegebenen vollkommen überein, nur dass er den Längsschnitt, ich aber ein körperliches Bild des Vegetationskegels mitgetheilt habe. In Wirklichkeit stimmen also unsere beiderseitigen Wahrnehmungen sachlich vollkommen überein, und die Verschiedenheit, welche KOLKWITZ behauptet, liegt nur in einer Differenz um die Ausdeutung real vorliegender Bilder. Ein Blick auf Fig. 3 kann aber eine andere Ausdeutung als die meine gar nicht zulassen. Man sieht, das Primord sitzt nicht streng in der Achsel des Blattes, sondern direct auf der Axe, wenn auch der hohe Fuss bis in den Raum zwischen Blatt und Axe herunter reicht. Ausserdem hat KOLKWITZ ganz richtig das freie obere Ende des Primords gezeichnet, von dem er blos nicht wusste, dass es allein zur Bildung der Inflorescenz aufgebraucht wird; und demgemäss liegt in der That das Verhältniss vor, gegen das er Einspruch erhob, »dass nur sein oberer Theil zum Spross auswächst, während die untere Hälfte Bestandtheil des Mutterstammes bleibt.« Nach dieser Richtung hin mag er wohl von der Aufhebung einer »morphologischen Einheit« sprechen. Diese ist aber nicht abzuleugnen, sondern sie besteht de facto; er selbst hat von dem Verhältniss ein einwandsfreies Bild gegeben.

Kurze Zeit, bevor KOLKWITZ seine Arbeit veröffentlichte, war er bei mir im Königlichen botanischen Museum, legte mir seine Zeichnungen vor und ersuchte mich um Aufklärung über gewisse Einzelheiten. Bei dieser Gelegenheit machte ich ihn auf zwei Punkte aufmerksam: einmal wies ich ihn auf meine zweite Arbeit über die Extraxillation hin, die er noch nicht kannte, und dann sagte ich ihm, dass er zweifelsohne die Frage prüfen müsste, ob nicht das Primord der Inflorescenz von *Symphytum* in seiner oberen Insertion die Basis der nächsten Blattanlage überragte.

Auf den ersten Wink ist KOLKWITZ eingegangen und hat die Arbeit noch berücksichtigt; anders hat er sich bezüglich des zweiten verhalten. Er mag wohl, da er seine Arbeit in der Deutschen Botanischen Gesellschaft am 28. Juni 1895 vortrug, die wünschenswerthen Zustände an *Symphytum officinale* nicht mehr aufgefunden haben. Meiner Erfahrung gemäss ist auch die Jahreszeit schon zu weit vorgeschritten gewesen, als dass er sie noch erlangen konnte. Jedenfalls hat er diesen Vergleich der Insertionsverhältnisse nicht ausgeführt. Wenn ich nun auch den Umstand, dass er seine Arbeit nicht noch lange

* K. SCHUMMANN l. c. 65.

Zeit liegen lassen wollte, begreiflich finde, musste sie doch mit einem bemerkenswerthen Mangel behaftet bleiben, wenn er den Vergleich der Insertionen unterliess. Denn über die Möglichkeit, dass ein so umfangreicher Gewebekörper, wie der ist, den er in Fig. 2 als Achselproduct von f^{18} darstellt, bei lückenlosem Anschluss der Blätter am Vegetationskegel über die Insertion des Blattes f^{19} herausragen kann, dürfte ein Zweifel doch nicht bestehen. Ich gehe sogar noch einen Schritt weiter und behaupte nach meinen Erfahrungen an der nämlichen Pflanze, dass das von ihm gezeichnete Primord über die Insertion von f^{19} herausgereicht haben muss. Die Verhältnisse sind ceteris paribus keine anderen als diejenigen, welche ich in Ber. Deutsch. bot. Ges. X. S. 65 in Fig. 3 wiedergegeben habe.

Kolkwitz hätte ausserdem folgende Erwägungen in Betracht ziehen müssen. Damit die Extraxillation geschieht, nimmt er, wie ich, an, dass sich intercalare Dehnungszonen entwickeln. Im Grunde besteht zwischen uns beiden nun folgende Differenz: Ich setze die Zone als vorhanden voraus, sie liegt in dem hohen Fusse, mit dem das Primord angeheftet ist, sie verläuft quer in gleicher Höhe um die ganze Axe herum und stellt also ein horizontales Querschnittselement dar, das über der Blattachsel liegt. Kolkwitz lässt die Knospe unmittelbar in der Blattachsel sitzen. Unterhalb derselben tritt dann eine Dehnungszone ein, deren Herd er, auf welche Weise verstehe ich freilich nicht, bei der Dehnung entstehen lässt. Nur zwei Fälle sind denkbar: entweder ist dieser Herd vorhanden, und dieses Verhältniss habe ich beobachtet, dann kann das Primord des Blüthenstandes nicht eigentlich in die Achsel eingekeilt sitzen, sondern muss durch den Herd einer intercalaren Zone von der Achsel getrennt sein; oder die Knospe ist in den Raum zwischen Blatt und Achsel eingekeilt, dann ist ein Raum für die intercalare Zone nicht vorhanden, und eine Dehnung bez. Emporhebung findet nicht statt. Dieser Fall liegt bei den vegetativen Knospen von *Symphytum officinale* vor, deswegen sitzen die ausgetriebenen Zweige auch stets im Blattachselgrunde, an dem Orte, welchen sie bei der ersten Anlage auch eingenommen haben. Indem aber die Primordien aller extraxillierter Inflorescenzen, wie unsere beiden Figurenreihen zeigen, an der Axe sitzen, werden sie durch die intercalare Zone in verschiedenem Maasse in die Höhe gehoben: entweder bleiben sie, wenn die obere Insertion des Primords in demselben Internod liegt wie die untere, auf dem Verlaufe desselben sitzen oder sie werden, wenn die obere Insertion bis ins folgende Internod reicht, um ein oder zwei Blätter extraxilliert.

Darin hat also Kolkwitz ganz Recht, dass bei meiner Analyse

des Vorganges »die seitlichen Organe einfach auseinanderrücken, ohne dass der Vorgang etwas Besonderes bietet«. Ich habe auch gar nicht die Meinung gehabt, etwas Besonderes zu bieten, sondern ging nur darauf aus, eine, wie nicht zu leugnen ist, eigenartige Thatsache ursächlich zu begründen. In der Regel findet man dann ganz gewöhnliche Verhältnisse, und ich bin immer bei solchen Untersuchungen recht zufrieden gewesen: wenn das Resultat möglichst einfach war.

Jeder Fachgenosse, der nun die folgende Erklärung der Extraxillation liest, welche Kolkwitz giebt, wird allerdings unter dem Eindruck stehen, dass sie »besonders« ist. Während in meiner Erklärung nur die ganz gewöhnlichen Streckungen eintreten, schafft er sich zunächst intercalare Dehnungszonen in der Gestalt verbogener Ebenen. Ich habe schon oben darauf hingewiesen, dass für ihn Herde von intercalaren Zonen anfangs wegen Raummangels nicht da sein können; plötzlich schieben sie sich zwischen Knospe und Achselgrund ein. Zuerst sind dieselben in der Form von horizontalen Querschnittsstücken gedacht, welche die Knospe von dem Blatte entfernen. So ist es in Fig. 5 bei f^{13}, welche den ersten Anfang der Extraxillation zeigt. Diese Zone läuft in sich zurück und stellt also eine gerade, den Stamm durchsetzende Scheibe dar. Zwischen f^{13} und f^{14} zeichnet Kolkwitz eine Intercalarzone, deren Bedeutung ich nicht verstehe, da sie mit der Extraxillation nichts zu thun hat und die Zonen nicht zwischen den Blättern, sondern zwischen Blatt und Knospe liegen sollen. Bei f^{15} bekommt die Zone plötzlich eine starke Biegung und erstreckt sich zugleich nach f^{14}, sodass also für die Extraxillation der Knospen f^{14} und f^{15} eine gemeinschaftliche Zone functioniert, dagegen haben f^{16}—f^{19} wieder jedes für sich eine eigene Zone.

Nun wird wohl in den *Symphytum*-Stengeln nur ein Verhältniss vorhanden sein: entweder werden die intercalaren Zonen, wie ich meine, für jede Extraxillation eine besondere Gewebescheibe darstellen, oder wenn dieselben, wie Kolkwitz für f^{14} und f^{15} zeichnet, gemeinschaftlich sind, so dürfen sie sich vermuthlich als für alle gemeinschaftlich erweisen und sich in spiraligen Bändern von einiger Dicke in dem Stamme entlang ziehen. Sie könnten dann selbstredend nicht in sich zurücklaufen. Ich glaube, hier liegt wohl nur ein Zeichenfehler vor, wahrscheinlich hat er die intercalare Zone aus Versehen für beide Blätter mit ihren Achselproducten gemeinschaftlich dargestellt.

Damit nun die Extraxillationen geschehen können, ist es nothwendig, dass die intercalaren Zonen sich verbiegen. Zuerst stellen sie gerade Scheiben dar, dann werden sie in Fig. 6 zu verbogenen Platten. Kolkwitz hat, um zu zeigen, dass verbogene Intercalarzonen

keinen Einfluss auf das gerade Wachsthum einer Axe haben, einen äusserst glücklichen und geistreichen Vergleich gezogen. Er sagt, wir können uns das Verhältniss in der Weise vorstellen, als ob wir eine gerade Säule quer durchbrechen, wobei wir annehmen, dass die Bruchfläche keine ebene, sondern eine beliebig gekrümmte Fläche darstellt. Packen wir nun auf diese Bruchfläche eine Lage Kitt, die in der oberen Fläche genau mit der Bruchstelle parallel läuft, dann können wir das obere Trümmerstück aufsetzen, und die Säule wird wieder die gerade Richtung innehalten. Denken wir uns nun an Stelle der Säule eine Axe, an Stelle des Kittes eine intercalare Dehnungszone, so wird, wenn in ihr eine Streckung eintritt, die Axe gerade fortwachsen, welches auch immer die Form der Dehnungszone sein mag.

Ich stimme dieser Vorstellung unumwunden bei, sie ist ebenso einfach wie zukömmlich. Eine andere Frage ist aber die, ob sie für den vorliegenden Fall passend ist, und gegen diese Nutzanwendung machen sich bei mir thatsächlich die schwersten Bedenken in hohem Maasse geltend. In der queren Streifung, welche der abgerollte Cylindermantel in Fig. 5 bietet, haben wir nämlich so gut wie horizontale Intercalationszonen, die vierte, welche f^{14} und f^{15} gemeinsam ist, zeigt zwar eine Krümmung, sie ist aber wohl, wie ich oben darthat, fehlerhaft gezeichnet, denn in Fig. 6 haben auch f^{14} wie f^{15} ihre eigenen Zonen. Nun sind aber in dieser Figur aus den horizontalen Zonen stark verbogene geworden.

Der Vergleich, den Kolkwitz gegeben hat, trifft für die vorliegenden Verhältnisse nicht mehr zu. Er hat die Ansicht vertreten, dass in einem geraden Cylinder verbogene Dehnungszonen keinen Einfluss auf die Richtung desselben ausüben, falls Dehnungen stattfinden. Kolkwitz hat aber nicht nachgewiesen, dass horizontale Dehnungszonen auf irgend welche Weise in verbogene übergehen können und dass dabei keine Richtungsveränderungen in der Axe zu Wege gebracht werden.

Ein zweites Bedenken ist folgendes: Zwischen den von Kolkwitz construierten intercalaren Zonen liegen andere weiss gelassene Stellen, welche kein stark dehnungsfähiges Gewebe darstellen. Ich will nicht untersuchen, ob in diesen Zonen überhaupt kein Wachsthum stattfindet, da die Festsetzung dieser Thatsache ohne Belang ist. Wenn aber solche Gewebeplatten existieren, so müssen sie auch bleiben und können nicht einfach eliminiert werden. In der That aber hat sie Kolkwitz in seiner Fig. 6 stellenweise ausfallen lassen, offenbar um die unteren intercalaren Zonen mit den oberen in Verbindung treten zu lassen. Auf diese Weise stellt der Cylinder in Fig. 6 ein

Magma aus dehnungsfähigem Gewebe dar mit gitter- oder schwammartiger Durchbrechung, in welchem schollenartig linsenförmige Körper von nicht oder minder dehnungsfähigem Gewebe eingelagert sind.

Werden aber die nicht oder minder dehnungsfähigen Gewebeplatten, mögen sie nun der intercalaren Zone entsprechend horizontal oder verbogen sein, in ihrem Bestande erhalten, so können die von dem Tragblatt entfernten Knospen diese neutralen Zonen niemals überschreiten, mit anderen Worten, wenn auch die Extraxillation auf der Ausdehnung des Internods zu Wege gebracht werden kann, die Höhe des nächsten Blattes kann eine Knospe niemals gewinnen, und eine Extraxillation in das folgende oder nächstfolgende Internod ist nicht denkbar. Ich komme also zu dem Resultat, dass auch verbogene Intercalarzonen die Emporhebung einer Knospe über ein oder mehrere folgende Blätter nicht ermöglichen, es sei denn, dass von Anfang an die obere Insertion des Blüthenfusses schon über den Insertionen des nächsten oder nächst folgenden Blattes liegt. Wenn nun an und für sich eine einfachere Erklärung noch nicht eine Bürgschaft für die Richtigkeit derselben enthält, so bin ich doch der Meinung, dass sie im vorliegenden Falle die allein richtige ist. Die Figuren meines verehrten Gegenparts beweisen, dass keine andere Erklärung Geltung beanspruchen kann, zugegeben selbst, dass die meinige wirklich nicht Besonderes bietet. Die von Kolkwitz gegebene Analyse ist nicht blos äusserst compliciert, sondern fehlerhaft, wenn ich ihr auch gern das Attribut lasse, in viel höherem Maasse »besonders« zu sein.

IV. Sprossaufbau und Blüthenentwicklung von Scirpus setaceus L.

Seit sehr langer Zeit wird in den Gärtnereien eine zierliche *Cyperacee* zu Verkaufszwecken in grossen Mengen cultiviert, welche durch ihre zierlich herabhängenden Halme von saftig grüner Farbe einen hübschen Anblick gewährt. Sie führt im Handel mannigfache Namen, wird aber gewöhnlich als *Isolepis gracilis** bezeichnet. Alle

* Der Name *I. gracilis* kehrt auch in der botanischen Systematik mehrfach wieder: Ecklon und Zeyher verstanden darunter *Ficinia gracilis* Schrad., Kunth *Fimbristylis tenuis* R. et Schult., Nees *Scirpus Wightianus* Bcklr., Thwaites *S. bar-*

von den Gärtnern unterschiedenen Formen lassen sich auf den gewöhnlichen *S. setaceus* L. zurückführen, von dem diejenige Varietät vorliegt, die durch schlaffen Wuchs gekennzeichnet wird, eine Besonderheit, der schon VAHL Ausdruck gab, indem er die Pflanze als besondere Art auffasste und *S. nutans* nannte. Ich wählte mir die Pflanze deswegen zur Untersuchung aus, weil ich an ihr jenes bei den *Cyperaceen* auch sonst gelegentlich vorkommende Wachsthumsverhältniss studieren wollte, demzufolge ein dichter Rasen aus scheinbar blattlosen, nur am Grunde mit Scheiden versehenen, blühenden Halmen entsteht.

Wird ein Rasen der Pflanze sorgfältig in seinem unteren, in der Erde befindlichen Theile ausgewaschen, so sieht man, dass dieser ein Rhizomaggregrat darstellt, welches sich in Halmbüschel auflösen lässt, die durch etwas längere (bis 7 mm messende), etwa 1 mm oder weniger dicke Rhizomfäden verkettet werden. Betrachtet man sich einen Halm, der mit einer einfachen oder gepaarten Inflorescenz abschliesst, genauer, so sieht man, dass ausser einer braunen, auffälligen, meist schon in der Auflösung begriffenen Scheide noch ein Blatt vorhanden ist, das ganz hyalin und ohne die Andeutung einer Spreite sich der Beobachtung leicht zu entziehen vermag. Ueber ihm sitzt ein weiteres Blatt, das mit einem kleinen, grünen Spreitenspitzchen am Ende der Scheide versehen ist und schon mit der Lupe deutlich wahrgenommen wird. Diese Blätter reichen sämmtlich wenig über den Halmgrund, das oberste von ihnen reicht selbst an 40 cm langen Exemplaren kaum höher als bis zum unteren Achtel des Stengels.

In dem reichgliedrigen Halmgewirr ist es zuvörderst nicht möglich, eine Einsicht in die Relationen zu erhalten, welche zwischen den Scheiden und den Halmen herrschen. Zu diesem Behufe ist es vielmehr nöthig, sich einen jungen Stengel von vielleicht 2 cm Länge herauszuholen und diesen zu untersuchen. Löst man von ihm, den man deutlich als Achselspross eines anderen Stammes erkannt haben wird, das erste Blatt ab, so sieht man, dass es eine dorsal mediane Stellung hat, es ist ein adossiertes Vorblatt im Sinne der Morphologen. Eine Vergleichung des Halmes mit späteren Zuständen ergiebt, dass in ihm jenes leicht sich der Beobachtung entziehende, hyaline Blatt vorliegt. Das gebräunte Blatt aber, das in der Zersetzung begriffen ist, muss als das Deckblatt des Halmes angesehen werden. Mit dem adossierten Vorblatt rechtwinklig gekreuzt steht ein zweites Blatt, es ist das

batus Rottb.; *Isolepis gracillima* Hochstetter (ein Name, der für die obige Art von den Gärtnern ebenfalls gewählt wird) ist nach BÖCKELER's späterer Anschauung mit *S. capillaris* L. identisch.

obere Stengelblatt des Halmes mit den kurzen grünen Spreitenspitzchen; dann folgen zwei weitere Blätter, welche die Inflorescenz einschliessen. Sie stehen einander mit einer Divergenz von 180° gegenüber, und das untere von beiden ist jenem Stengelblatte gleichfalls opponiert. In dem Blüthenstande ist die Blattfolge dergestalt, dass ein drittes Blatt zwischen die beiden Spathenblätter auf der vorderen Seite tritt. Ihm gegenüber auf der Rückseite, in der Lücke zwischen beiden Spathenblättern, findet sich ein viertes Blatt, ein fünftes tritt in der Nachbarschaft von f^3 vorn ein, und die übrigen schliessen sich so an, dass eine, wie es scheint, normale Spirale resultiert.

Wenn man das Blatt, in dessen Achsel der beschriebene Halm entsteht, nach vorn biegt, so bemerkt man am Grunde des ersteren eine Knospe, die demgemäss für eine sogenannte Beiknospe, und zwar eine untere, angesehen werden muss Entfernen wir das erste Blatt des Halmes, so tritt uns auf der gegenüberliegenden Seite, also in der Mediane des adossierten Vorblattes, ebenfalls eine Knospe entgegen. Diese Neuanlagen sind in der Grösse voneinander verschieden, und zwar ist ohne Ausnahme der Beispross kleiner als der höher inserierte Lateralstrahl des adossierten Vorblattes. Beide sind im Bau vollkommen übereinstimmend: zuerst erscheint an dem flachen, scheibchenförmigen Primordium, das den Lateralstrahl darstellt, ein feiner oberer Saum, der allmählich die nach vorn gelegenen Partien des Primords in gleiche Wachsthumsprocesse hineinzieht, sodass endlich auf der Vorderseite ein Verschluss erzielt wird. Nun behält der Vegetationskegel zuvörderst seine im Querschnitte elliptisch gedehnte Form bei, und in den Enden der langen Axe treten successive zwei Blätter hervor, welche demgemäss nicht blos unter sich um 180° divergieren, sondern von denen auch das erste gegen das adossierte Vorblatt sowohl als gegen das Tragblatt um 90° gewendet sein muss. Nachdem sie erschienen sind, folgt noch ein Blatt in der langen Ellipsenaxe, dann aber wird der Vegetationskegel sichtlich zu einer im Querschnitte kreisförmigen Gestalt transformiert. Aus der Thatsache, dass zwei der Blätter des spiralen Systems nach vorn, eins nach hinten fällt, geht hervor, dass die grössere Wachsthumsenergie am vorderen Rande statthat und dass der Mittelpunkt des ganzen Systems nach vorn verlegt worden sein muss.

Das Blatt, welches auf das adossierte Vorblatt folgt und welches ich als das oberste Stengelblatt bezeichnet habe, ist nun in seiner Lage zum Tragblatte genauer zu bestimmen. Hat z. B. der von mir ins Auge gefasste Halm sein oberstes Stengelblatt rechts gelegen, so findet es sich an der Beiknospe ebenfalls rechts, eine Beobachtung, welche

die oft wiederholte Erfahrung bestätigt, dass in serialen Schaaren die Sprosssysteme alle gleichsinnig zusammengesetzt sind.

Betrachte ich nun den Lateralstrahl aus dem adossierten Vorblatte von dem den Morphologen gewöhnten Standpunkte, indem ich das Tragblatt vor mich hinhalte und die Mutteraxe von mir abgewendet ist, so liegt sein oberstes Stengelblatt auf der entgegengesetzten Seite, d. h. also: liegen die auf das adossierte Vorblatt folgenden Blätter an der Hauptaxe und der Beiknospe rechter Hand, so befindet sich jenes an dem Lateralstrahl links. Nun ist aber jener Lateralstrahl ein Sprosssystem, welches in der Mediane eines Haupttragblattes gelegen, sich unter denselben Bedingungen befindet wie Hauptaxe und Beiknospe. Demgemäss wäre zu erwarten, dass auch an dem Spross aus dem adossierten Vorblatte das Stengelblatt rechts angetroffen werden sollte. Liegt nun in dieser Erfahrung ein Widerspruch gegen meine Meinung vor, dass Organsysteme unter gleichen Anlagebedingungen gleiche Anreihung der Blätter zeigen müssen, oder nicht? Zeichnet man sich das einfache Diagramm auf, so wird man sogleich gewahr, dass sich der nach gewöhnlicher morphologischer Anschauung vorliegende Widerspruch aufhebt. Betrachten wir nämlich die vorliegende Triade von Knospen als ein zusammengehöriges Sprosssystem mit gleichen Anlagebedingungen, so fällt in der That das oberste Stengelblatt aller 3 Körper auf die nämliche Seite. Die umgekehrte Stellung des Blattes an dem Spross aus dem adossierten Vorblatte liegt nur morphologisch, auf das eigene Tragblatt bezogen, auf der entgegengesetzten Seite zu demselben. Von einem festen Punkte aber aus, also von dem Haupttragblatte der Mutteraxe aus beurtheilt liegen alle ersten Stengelblätter auf einer und derselben Seite.

Die Regelmässigkeit scheint nahezu ohne Ausnahme zu sein; ich habe an grossen, umfangreichen Stöcken die Wiederholung an zahllosen Halmen festgestellt.

Jeder Halm besitzt die 2 von mir erwähnten Knospen, nicht minder ist das dritte Blatt, das oberste Stengelblatt, ausnahmslos steril. Aus dem constanten Vorkommen der ersteren erwächst, wenn alle Knospen sich entwickeln, ein eigenartiges Verzweigungssystem, das ich schematisch in Fig. 1 dargestellt habe. Von den vorhandenen Internodien dehnen sich nur 2, nämlich das zwischen dem Tragblatte und adossierten Vorblatte, also der eigentliche Basaltheil des Sprosses und dieser in gewöhnlich nicht erheblichem Maasse; dagegen erfährt das Zwischenknotenstück vom obersten Stengelblatte bis zum unteren Scheidenblatte jene ungeheure Dehnung, welche fast die ganze Länge des Halmes ausmacht. Die Streckung des basalen Theiles setzt aber erst oberhalb der Insertionsstelle der Beiknospe ein, sodass diese

in der Nachbarschaft des Tragblattes bleibt, während die Achselknospe aus dem adossierten Vorblatte mit jenem aus dem Blattwinkel entfernt wird. Dieses Schaltstück ist nun jenes zuweilen bis 7 mm messende Rhizomglied, das die meist gedrängter sitzenden Büschelelemente zusammenhält, durch deren Verrottung sich die Pflanzenstöcke isolieren und durch deren Zerreissen diese Simse so reichlich vermehrt werden kann; die Bewurzelung entwickelt sich aus den gedehnten Stellen nach der Streckung. Die Entwicklung der Blüthen ist äusserst einfach und weicht von dem Gange nicht ab, welchen ich für *Scirpus maritimus* beschrieben habe. Da indess gerade diese Bilder für die Abhängigkeit der Gestalt von den Contakten ausserordentlich instructiv sind, so will ich auf die Gefahr hin, einiges zu wiederholen, in kurzen Worten die gemachten Erfahrungen mittheilen. Das Tragblatt und sein Primord der Blüthe entstehen nahezu simultan, zuweilen vermochte ich einen Zeitunterschied absolut nicht festzusetzen. Jedes Primord der Blüthe ist sehr stark von vorn nach hinten zusammengedrückt, und dieser Form entsprechend erscheinen die Primärblätter in den Enden der langen Axe. Erst relativ geraume Zeit nachher entdeckt man, wenn man das Tragblatt zurückbiegt, welches wie ein Band die Stirnkante umzieht, ganz am Grunde einen dritten Höcker, welcher das dritte Blatt an dem Primord darstellt: alle drei zusammen bilden das Androeceum. Die Entfernung des Tragblattes ist in diesen frühen Zuständen keine ganz leichte Sache, in der Regel wird bei dem Versuche, dies zu thun, das Primord mehr oder weniger verletzt. Ich bin aber doch zuweilen im Stande gewesen, dasselbe zurückzubiegen, und unter diesen Umstände konnte ich an den passenden Praeparaten nachweisen, dass der Mitteltheil des Primords sich stets bereits zur Bildung des weiblichen Geschlechtsapparates anschickt, bevor noch das vordere Staubgefäss zu sehen ist. Die seitlichen primären Kalotten sind, wie erwähnt, die Staubgefässe. Der nach vorn abschüssige Körper, an dem ein hinterer, etwas gestutzter Wulst durch eine centrale Depression entstanden ist, stellt das Gynaeceum dar, ehe noch irgend welche Zipfel sich ausgegliedert haben. An seinem Fusse ist noch keine so weit in radialer

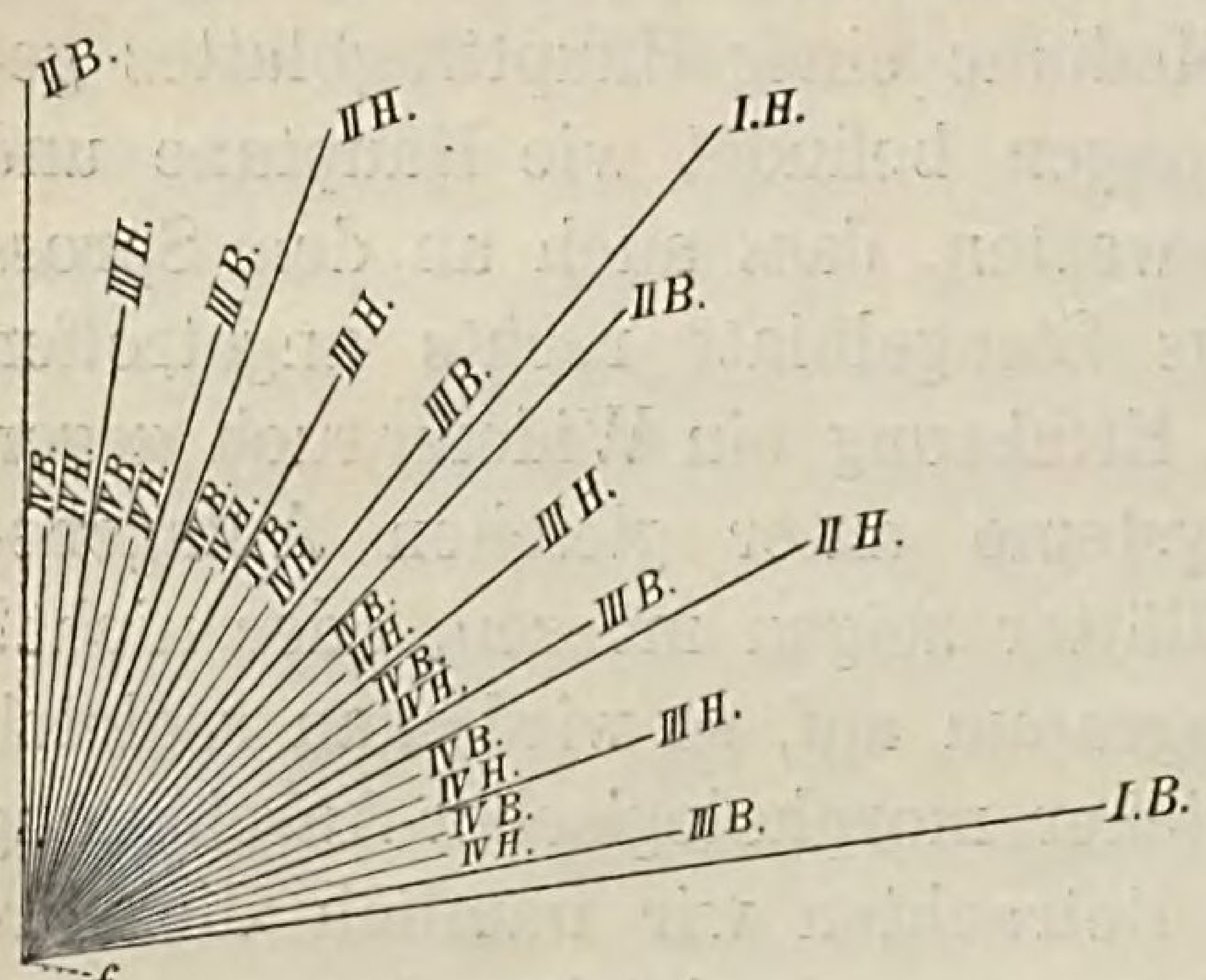


Fig. 1. *Isolepis setacea.*
Schematischer Aufriss der Sprossfolge.

Richtung vorschreitende Dehnung eingetreten, dass ein drittes Staubgefäss dort Platz hätte. Die Differenzierung des Gynaeceums vollzieht sich unter den gleichen Contaktbedingungen, unter denen sich die Staubblätter ausgegliedert haben: auch hier ist die Anlegung des dritten Narbenstrahles, der superponiert über dem Vorderstaubblatte erscheint, aus derselben Ursache verzögert, durch welche das Auftreten des dritten Staubblattes so lange hinausgeschoben wurde. Eine solche Entwicklung, die unter lückenlosem Contakte sich vollzieht, lässt für die Vorstellung, dass ein staminaler Kreis von der Stellung $\frac{1}{2}$ ausgefallen sei, keinen Raum, aus dem sehr einfachen Grunde, weil in diesen Zuständen die Plätze für die Interpolation vergeblich gesucht würden. Freie Orte finden sich wohl in den schematischen Diagrammen, in wirklichen Blüthen kommen sie aber nicht vor, bei ihnen wird jeder Platz, der sich bietet, von einem Organe besetzt; diese können wohl unvollkommen entwickelt sein, ihre Abwesenheit ist aber immer ein Indicator dafür, dass sie niemals entstehen konnten.

Die eigenthümliche Erscheinung, derzufolge neben den normalen einzelnen Achselknospen aus dem längere Zeit in meristematischem Zustande verharrenden Gewebe des Achselgrundes weitere Bei- oder accessorische Knospen erscheinen, ist sehr weit verbreitet und wiederholt der Gegenstand der Untersuchung und Beschreibung gewesen. Nach formaler Auffassung hat man diese Knospen, welche in absteigender oder seitlicher centrifugaler Folge genau aus dem Achselgrunde auftauchen, miteinander durch Axenstücke verkettet und daraus Sprossverbindungen sympodialer Natur gemacht, die man entweder in die Kategorie polypedischer Systeme unterbrachte, wenn sie zickzackförmig angereiht waren, oder als monopedische Systeme ansah, falls sie in einer Ebene lagen. Ich habe mich dieser Meinung nicht anschliessen können, weil ich solche Verkettungen in der Natur nicht vorfand. Überdies wäre es in hohem Maasse befremdlich, wenn sich bei den *Dicotyledoneae*, denen die monopedischen Systeme sonst fremd sind, sichelartige Sprossverbände zeigen sollten, wie die Beiknospen in der Gattung *Capparis* oder an *Aristolochia sipho*. Eigenartig muthet auch die Thatsache an, dass in derselben Gattung der *Dicotyledoneae* beide Formen auftreten, denn neben der sichelartigen Form der Knospenanreihung von *Aristolochia sipho* findet sich die wickelartige Zusammenstellung von Beiknospen bei *A. clematitis*. Der Umstand, dass nicht selten Blüthen und Blattknospen in solchen Beiknospengruppen gemischt sind, bewog mich, für sie einen besonderen

Namen einzuführen, ich nannte sie »Knospenschaaren« und unterschied »seriale und collaterale Schaaren«, je nachdem sie in radialer oder transversaler Richtung angereiht waren.

Für meine Auffassung über morphologische Verhältnisse haben die Knospen- oder Sprossschaaren ein besonderes Interesse, weil sie eine lehrreiche Unterlage geben müssen für die Beantwortung der Frage, ob die nämlichen oder entgegengesetzten Anlagebedingungen auch gleiche oder entgegengesetzte Organanreihungen an den Sprossen bewirken. Ich habe soeben bei der Darstellung der Entwicklung der Sprosssysteme von *Scirpus setaceus* auf die Thatsache hingewiesen, dass bei dieser Pflanze das erste Stengelblatt wirklich in dem ganzen Sprosssysteme die nämliche Lage hat. An dieser Pflanze ist eine untere, genau median gelegene Beiknospe stets vorhanden, die als Anfang einer serialen Schaar betrachtet werden muss. Offenbar sind die Anlagebedingungen der Phyllome seitlicher Stellung an dem Spross und seiner Beiknospe identisch, sodass also in diesem Falle durchgehends die von mir erschlossene Erscheinung identischer Anreihungen zutrifft.

Mir schien nun eine Prüfung der Verhältnisse an collateralen Schaaren auch der Untersuchung werth. Ich wählte zu diesem Behufe zwei Beispiele, das eine, *Cyperus papyrus*, zeigt umfangreiche collaterale Schaaren in der vegetativen, das andere, *Musa sapientum*, weist ebensolche in der floralen Region auf. Die bei *Cyperus papyrus* thatsächlich vorliegenden Verhältnisse sind von mehreren Autoren bereits geschildert worden. Abgesehen von den älteren Arbeiten CIRILLO's und PARLATORE's, sind hier hauptsächlich 3* neuere zu nennen, welche nach den formal morphologischen Anschauungen die Pflanze in der Inflorescenzregion besprochen haben. Da sie besonders theoretische Gesichtspunkte erläutern, so werde ich sogleich auf sie zurückkommen. Die zu besprechende Wahrnehmung ist sehr einfach: in den Achseln der dichtgedrängten, in 3 gewundenen Zeilen zusammengestellten Blätter befinden sich nebeneinander gereihte Sprosse, welche an Zahl bis zu 15 steigen und namentlich an den innersten Blattachseln bis 2 herabgehen können. Diese geschaarten Sprosse sind Strahlen jenes doldenähnlichen Blüthenstandes, die wieder in doldenähnliche Specialinflorescenzen auslaufen. Jeder Zweig der letzteren tritt aus der Achsel eines der 3—4 Blätter, welche den Lateralstrahl erster Ordnung an der Spitze krönen, und trägt nach einem

* CASPARY in Bericht der XXXV. Naturforscher-Versammlung zu Königsberg. WYDLER in Flora 1864, p. 611, AL. BRAUN in Sitzungsber. der Gesellsch. naturf. Freunde, Berlin 1874, Juli-Sitzung.

adossierten grundständigen Basalblatte ein spiraliges System von Ährchen, deren Blüthen in regelmässiger Distichie geordnet sind.

Jenes Grundblatt, das ich bei den Strahlen erster Ordnung erwähnt habe, ist auch an denen zweiter Ordnung entwickelt. Wie schon Wydler sehr gut beschrieben hat, ist es durch den Druck der benachbarten, nur wenig kleineren Genossen einer Schaar seiner Ausdrucksweise nach »quadratisch«, d. h. es stellt ein 4seitiges Hohlprisma dar, dessen Querschnitt fast quadratisch ist; genau genommen ist es ein Paralleltrapez, dessen parallele Seiten etwas verschieden sind, die axoskope ist etwas grösser als die phylloskope. An dem Rücken befinden sich oft 2 kleine Spitzchen. Die randständigen Strahlen besitzen ein Basalblatt von der Gestalt eines dreikantigen Hohlprismas, die eine Fläche desselben ist nach der Axe gekehrt, die zweite auf den benachbarten Lateralstrahl zugewendet, die dritte liegt vorn am Blatte, das die Schaar umhüllt. Indem sich der Körper in den Raum einfügt, welcher zwischen der Flanke des ziemlich beträchtlich den Stengel umfassenden Blattes und dem vorletzten Schaarenstrahle liegt, wird die Thatsache ursächlich verständlich, dass jenes Blatt einem dreiseitigen Hohlprisma gleicht.

Betrachtet man einen Inflorescenzschopf von *Cyperus papyrus* in jugendlichem Zustande und vergleicht man ihn mit den späteren, so sieht man, dass die Schaarenstrahlen eine Bewegung vollziehen. Zuerst stehen dieselben senkrecht, soweit dies bei der Insertion um eine Axe möglich ist, später spreizen sie stark auseinander. Wenn man einen Schopf, der bereits die letzterwähnte Stellung der Äste in mehr oder minder starkem Maasse zeigt, abschneidet und trocknen lässt, so vollziehen die Lateralstrahlen in bemerkbarer Weise eine Bewegung in rückläufigem Sinne. Aus diesem Umstande schloss ich, dass eine mechanische Ursache vorliegen musste, die mit der Austrocknung gewisser Gewebspartieen im Zusammenhange stand. Ich fand dieselbe auch in einem hyalinen Polster, das sich auf der Innenseite jedes Lateralstrahles befand. Unterhalb dieses Polsters liegt jener schon von Wydler beobachtete gemeinschaftliche Fuss jeder Sprossschaar, durch den es bedingt wird, dass man sehr leicht ein Aggregat aus der Achsel eines Blattes in seiner Gesammtheit von dort entfernen kann. Dasselbe Schwellgewebe ist an der gleichen Stelle bei *Dactylis glomerata* bereits von Göbel gesehen und in seiner Bedeutung für die spreizende Stellung der Inflorescenzzweige gehörig gewürdigt worden. Bei *Cyperus papyrus* ist der endliche Erfolg der Wirkung des Schwellkörpers der, dass die Menge der Inflorescenzstrahlen fast einen kugelförmigen Körper auf der Spitze des Schaftes bildet. Die äusseren Zweige werden nämlich durch die

zunehmende Bewegung der inneren immer weiter nach unten gedrückt, sodass die randlichen den Abstandswinkel von 90° überschreiten und sich nach unten wenden. Trocknet das Schwellpolster aus, so rücken einer äusseren Spannung gehorchend die Strahlen allmälig wieder zusammen, und daher kommt es, dass in den Herbarien die *Cyperus papyrus*-Dolden niemals ausgebreitet sind, sondern stets geschlossene Aggregate darstellen. Über die Stellung der 3—4 laubigen Blätter an jedem Zweige einer Schaar ist man allgemein der Ansicht, dass das erste, d. h. das zweite Blatt des Systems, wenn das Basalblatt eingerechnet wird, median phylloskop inseriert sei. WYDLER sagt zwar, dass die Lage desselben schwerlich zu bestimmen und dass sie veränderlich sei, indem es bald mehr nach vorn, bald mehr seitlich fällt. Er meint, »dies scheint seinen Grund in einer Verschiebung zu haben, welche der Zweig erleidet, dem das Blatt angehört.« Wahrscheinlich ist es die von ihm behauptete Analogie mit dem Erneuerungssprosse* der Pflanze gewesen, die ihn bewogen hat, als Normalstellung $\frac{2}{1}$ anzunehmen.

Über die Stellung ins Klare zu kommen, hat mir an solchen Sprossen, bei denen die Blätter noch von dem Hohlprisma des Grundblattes eingeschlossen sind, gar keine Schwierigkeiten gemacht. Das erste, in der Mitte rechtwinklig einwärts gefaltete Blatt hat die eine Hälfte vorn, die andere seitwärts an der Innenfläche des Prismas liegen. Bezüglich der Disposition zur Vorderseite nimmt man, wie schon AL. BRAUN sehr richtig beobachtet hat, ein nahezu vollkommen constantes Doppelverhältniss wahr: alle rechts von der Mediane des Blattes befindlichen Schaarenstrahlen wenden die Seitenfläche nach links, die links stehenden nach rechts. Hier und da kommen, wie es scheint, Ausnahmen vor, aber eine solche Veränderlichkeit, welche WYDLER annimmt, ist ausgeschlossen. Mit dieser Stellung hängt selbstredend die Wendung der Blattverbindungscurve zusammen, das zweite Laubblatt legt die eine Flanke an jene seitliche des ersten u. s. f.

Wenn wir nun erwägen, dass jede seriale Schaar ein symmetrisches System wenigstens für die randlichen Strahlen darstellt, so wird einleuchtend sein, dass den spiegelbildlich rechts und links gleichen Anlagebedingungen entsprechend zum mindesten jene äussersten Sprosse antidrome Blattstellung zeigen müssen. In der That habe ich auch bei ihnen niemals eine Ausnahme gefunden. Die Gegensätze

* Die von WYDLER angegebene (l. c. p. 616) Ortsveränderung der Knospe, welche durch das Hinderniss des dreikantigen Stengels bewirkt werden soll, beruht auf einem Irrthume.

zwischen rechts und links müssen abnehmen nach der Mediane zu, denn sie werden dort = 0 sein für den Fall, dass die Zahl der Junganlagen eine gerade ist. Wirklich herrscht auch, wie ich mich überzeugt habe, unter diesen Verhältnissen ein häufiger Wechsel von Gegen- und Gleichläufigkeit in der Verbindungscurve, bezüglich derjenigen in den Nachbarsprossen. Ist aber ein wirklicher Mittelstrahl vorhanden, so ist fast ausnahmslos das von Wydler noch nicht scharf erfasste Gesetz der Antidromie auf beiden Seiten da.

Bezüglich der Frage, ob in formal morphologischem Sinne die Elemente der collateralen Schaaren voneinander abhängig sind, haben sich zwei Ansichten geltend gemacht. Braun sah dieselben als coordiniert an, während Wydler, einer von ihm auch sonst bei den serialen Schaaren vertretenen Ansicht folgend, die Möglichkeit ins Auge fasste, dass sie als relative Tochtersprosse successiv voneinander abhängig wären. Er hatte also die Meinung, dass die Axen, an welchen sich die aufeinander folgenden Sprosse entwickelten, in den Achselgrund versenkt waren und dass nur die Köpfe dieses Sprosssystems aus der Achsel hervorguckten. Eine solche durch keine Wahrnehmung zu begründende, theoretische Formulierung dieser Verhältnisse war den formalen Morphologen zur damaligen Zeit geläufig. Wenn er sich nicht bestimmt für dieselbe entschied, so lag der Grund in der irrthümlichen Ansicht, dass er meinte, die Glieder einer Schaar seien alle gleichaltrig, und es herrsche also kein zeitlicher Unterschied in der Entstehung. Hätte er den später durch Alex. Braun bekannt gemachten, wahren Sachverhalt erfasst, so würde er seiner ganzen Auffassung gemäss anstandslos nur für eine sympodiale Verkettung der Schaarglieder eingetreten sein.

Alex. Braun machte gegen Wydler's Meinung mit Recht geltend, dass das verschiedene Alter von keiner Bedeutung für die Beurtheilung der morphologischen Valenz wäre. Er sagt sehr richtig, dass die Knospen mit Geschwistern verschiedenen Alters zu vergleichen seien.

Das Stadium der Entwicklungsgeschichte der *Cyperus papyrus*-Schaaren zeigt folgenden Verlauf der Anlage. Aus der Achsel jener Blätter, welche später die Schaaren tragen, erhebt sich ein sehr sanft gekrümmter, niedriger, äusserst flacher Wulst, dessen mittlere Partie sich ein wenig hebt, worauf in rhythmischen Abständen seitliche Kerben an der Oberkante bemerkt werden. Die Bogen der Kerben werden spitzer und heben sich stärker aus dem Fusse hervor. Wenn sie eine Länge von 0,16—0,19 mm (im Durchschnitte 0,18 mm) erreicht haben, sieht man an ihnen den ersten Anfang einer Differenzierung, die sich in Gestalt einer zarten, etwa im unteren Drittel befindlichen, von der Seite ausgehenden, zuerst auf der Rückseite des Primordss

deutlichen, nach unten gekrümmten Linie bemerklich macht. Die Linie setzt sich später auf die Vorderseite fort und ist der Anfang eines wallartigen Körpers, der sich endlich röhrenförmig erhebt. Dies Gebilde ist das basale Grundblatt oder adossierte Vorblatt, welches also schon von Anfang an ein wenig oberhalb des Axengrundes inseriert ist. Auch seine spätere dorsale Ausbuchtung mit den 2 Spitzen ist bereits in frühester Jugend sichtbar. Die Spitze des Primordiums giebt dann unmittelbar das erste Laubblatt, indem sich unterhalb derselben ein neuer Vegetationskegel in derselben Weise herausmodelliert, die ich früher für die Seitenknospen von *Sisyrinchium* beschrieben habe. Dieses Blatt ist mit seiner Fläche so gelegen, dass es zwischen dem gemeinschaftlichen Deckblatte der Schaar und der Axe eingeklemmt ist. Später schiebt sich ein seitlicher Lappen allmälig nach dem Centrum der Axe hinstreckend hervor; wir sehen also, dass auch die von mir beobachtete Stellung des Blattes bereits der Anlage nach vorhanden ist. Das zweite Blatt gliedert sich nun so aus dem Vegetationskegel heraus, dass es denselben an der Basis zu etwas über $^1/_3$ umfasst, das dritte Blatt endlich stellt sich in eine Lücke, welche am Rücken, nach der Axe hin zwischen f^1 und f^2 freibleibt. Damit ist die von mir angegebene Stellung der Blätter nach $\frac{1}{2}$ durch die Entwicklungsgeschichte erhärtet worden.

Der Nachweis dieser Anlagefolge der Blätter ist sehr leicht. Man braucht nur die Knospen von Sprossen zu wählen, die etwa 3 cm lang sind, die äusseren Blätter zu entfernen und von der Basis der inneren die flachen Wülste abzutragen. Da sich die Entwicklungsprocesse auf der nach innen gewendeten Seite abspielen, so muss man dafür Sorge tragen, dass man diese Partie zu Gesichte bekommt. Man findet dann leicht Präparate, welche an einer einzigen Schaar die Ausgliederung von dem undifferenzierten Primord bis zum zweiten Blatt klar vorführen.

Vergleichen wir diese Ausbildung mit derjenigen Entwicklung, welche wir sonst an monocotylen Sprossen ähnlicher Form kennen gelernt haben, also besonders mit der Ausbildung trimerer Blüthen, so fällt ein Umstand ausserordentlich auf. Während nämlich gewöhnlich die beiden Primärblätter an der Seite erscheinen, welche an den Contactkörper anstösst, und das dritte unpaare Organ vorn liegt, findet hier die umgekehrte Anlage statt. Ich habe die normale Erscheinung darauf zurückgeführt, dass für den dritten Körper erst durch eine Dehnung in der Richtung nach vorn Platz geschaffen wird. Ist dieser Schluss richtig, so wird bei *Cyp. papyrus* eine Dehnung in umgekehrter Richtung stattfinden, d. h. eine Streckung des Raumes zwischen Primord und Axe muss nothwendig da sein.

Wenn wir uns an die Mittheilung erinnern, dass die Primordien auf der Rückseite oberhalb ihres gemeinschaftlichen Fusses später ein Schwellpolster zeigen, so wird durch diese Thatsache der Beweis geliefert, dass die von mir als nothwendig vorausgesetzte Dehnung in Wirklichkeit stattgefunden hat, und auf diese Weise wird dann auch die inverse Stellung der Laubblätter für unser Verständniss ursächlich näher gebracht.

Um die Entwicklung collateraler Schaaren in der Blüthenregion kennen zu lernen, studierte ich die Entwicklung derjenigen Blüthenverbände, welche bei *Musa*-Arten gefunden werden. Ich war in der glücklichen Lage, einen Kolben von *Musa sapientum* L. benutzen zu können, dessen geschlossener Blüthenkegel noch eine Länge von 15 cm und oberhalb des Grundes einen Durchmesser von 10 cm hatte. Er war in dem kräftigsten Wachsthume begriffen, so dass ich daran alle Entwicklungsstadien vortrefflich zu beobachten vermochte.

Die grossen, eiförmigen, stumpfen, etwas fleischigen Bracteen sind aussen von dunkel purpurrother Farbe und blau bereift, während sie innen heller gefärbt sind. Sie bilden an der Axe ein spiraliges System und umfassen mit ihren Insertionslinien, die auf einem stark vorspringenden Podium sitzen, mehr als $^1/_3$ des Spindelumfanges. Ihre Insertionsfigur ist, wie man an den Narben gut erkennt, die sie hinterlassen, asymmetrisch und beschreibt einen Bogen, der an der einen Seite allmälig verläuft, auf der anderen aber fast rechtwinklig abbricht und sich plötzlich nach der Axe wendet. Auf demselben Podium sitzen in 2 Reihen die Blüthen, die hintere enthält gewöhnlich 7—8, die vordere nur 5—6; in den Achseln der oberen Blätter sind ihrer weniger in jeder Reihe.

Die Blätter stehen an der Axe in gewundenen Zeilen, an dem mir vorliegenden Exemplare steht das 17. Blatt wieder über einem unteren, soweit mit dem Augenmaasse eine solche Uebereinanderstellung festgesetzt werden kann; dabei muss ich, um auf der Einer-Zeile durch Ablösung der Blätter zu dem Oberblatte f^{17} zu gelangen, die Geradzeile durch f^0 6mal kreuzen. Die Blattstellung würde demgemäss durch den Bruch $\frac{6}{17}$ zu bezeichnen sein, sie gehört in die Reihe, welche durch den Quotienten $\frac{n}{3n-1}$, ausgedrückt wird. Die Stellung ist eine originäre, nicht erst durch secundäre Torsion erworbene, von den jüngsten Anlagen am Vegetationskegel bis zum Abfall der Blätter bleibt genau dieselbe Stellung trotz einer beträchtlichen Dehnung der Axe erhalten. Dringt man nach Entfernung der zahllosen Blätter, welche die Knospe zusammensetzen, bis in die Nähe des Vegetationskegels vor, so findet man, dass die Bracteen und ihre

Achselprodukte fast oder vollkommen gleichzeitig aus jenem hervortreten. Der Grundstock für die Blüthenschaaren ist ein sanft bogenförmig gekrümmter, flacher Körper, welcher sein Tragblatt zuerst um die Grösse desselben überragt, später wird er vom Tragblatt höher umfasst. Er wächst in der Mitte besonders rasch in die Höhe und zeigt bald eine Kerbung am oberen Rande; die Kerbzähne nehmen in gleichmässiger Folge von der Mitte nach beiden Seiten zu an Höhe ab. Während die Kerbung sich entwickelt, hebt sich aus dem relativ sehr hohen, ungetheilten Fusse eine transversale Leiste empor, welche die gleiche Differenzierung erfährt, so zwar, dass die Kerbzähne der letzteren unter den Buchten der ersteren ihren Scheitel finden. Aus den Crenaturen entwickeln sich allmälig durch eine Erhebung der Basis subelliptische Platten; die oberen nehmen durch die gegenseitige Berührung eine unregelmässig 6seitige Form an, die unteren dagegen erscheinen 5kantig, indem die Ausbildung der sechsten Ecke unterbleibt, weil die Primordien dort an den Blattachselgrund anstossen.

Jetzt vertieft sich jedes Primord auf der nach den Tragblatte zugewendeten Fläche, es modelt sich zu der Form einer flachen Schüssel um, die sich auch allmälig mit einem wenig erhabenen Rande umzieht. Aus demselben differenzieren sich nach und nach 3 Phyllome, von denen 2 nach rückwärts auf die Axe zu gelegen sind, während eins sich vorn befindet. Diese Blätter wachsen schnell heran und bilden einen zweizipfligen Verschluss, wobei das Vorderblatt von ihnen mit umfasst wird. Während sich dieser Process vollzieht, spriessen ziemlich schnell im Innern zunächst 3 innere Perigonabschnitte in den Lücken hervor, welche die drei Blätter des ersten Perigoncyclus zwischen sich lassen. Der Blüthenboden wird im Centrum immer mehr vertieft, d. h. die Vorbereitung zur Bildung des unterständigen Fruchtknotens verschafft sich Geltung. An den Rändern, welche die Einsenkung umgeben, erscheinen 3 Staubgefässanlagen, deren Stellung durch die Lücken der letzten Perigonblätter bedingt wird. Auf sie folgen noch 2 grosse, vor den inneren Blumenblättern stehende Primordien des inneren Staubgefässkreises. Für das dritte ist aus der Ursache kein Platz, weil der Rand der Fruchtknotenhöhle auf der oberen Seite so nahe an das innere obere Perigonblatt heranreicht, dass der Raum zwischen ihnen die Ausgliederung eines sechsten Staubgefässes nicht gestattet. Die Narbenstrahlen entstehen am Rande der Fruchtknotenhöhle und zwar 2 unterhalb der beiden oberen, weiter nach aussen inserierten Staubgefässe, während der Ort des dritten durch die Lücke bestimmt ist, welche die beiden inneren Staubblätter zwischen sich lassen. Sie sind sogenannte Dorsalnarben, d. h. sie stellen sich über die hypotheti-

schen drei Blätter, aus welchen der unterständige Fruchtknoten durch Verwachsung mit der Axe theoretisch erklärt wird, und wechseln also mit jenen Stellen ab, an denen die Verwachsung der Fruchtblätter unter sich stattgefunden haben soll. Ich will hier meine Auffassung über den unterständigen Fruchtknoten nicht des breiteren auseinandersetzen. Wie er immer auch aufgefasst werden mag, die Stellung der Narbenstrahlen wird durch die Lücken zwischen den vorliegenden Organen bedingt und ist offenbar unabhängig von der Lage der drei Sonderhöhlen, welche im Fruchtknoten vorhanden sind.

Recht bemerkenswerth sind die Verwachsungsverhältnisse der Perigonblätter, d. h. mit anderen Worten die Entstehung der Ringzone, welche gewisse Phyllome emporhebt und röhrenförmig verbindet. Dieselbe liegt nämlich unter den 5 vorderen Perigonblättern; sie ist an der Rückseite der Blüthe offen und zwar von Anfang an, so dass die in vielen systematischen Lehrbüchern verbreitete Meinung, dass der Kelch zuerst geschlossen sei und dann durch einen Längsschlitz aufspalte, ganz irrthümlich ist. Nicht minder falsch ist die Meinung, dass die zwischen den drei äusseren Perigonzipfeln vorhandenen Blätter accessorische Zipfel seien, sie führen dann theoretisch den Namen Commissuralzipfel; sie sind vielmehr, wie die Entwicklungsgeschichte ganz einwandsfrei nachweist, die echten inneren Perigonzipfel. Der dritte Genosse des inneren Kreises wird dann bei *Musa sapientum* zu einem vollkommen freien, einzelnen Organ, welches den Verschluss der dorsalen Spalte bedingt. Dieses Blatt macht eine eigenthümliche Umbildung durch. Zuerst ist es abgestumpft, später aber, wenn es schon ziemlich herausgewachsen ist, schiebt sich aus seinem Scheitel eine schmale lange Spitze hervor, welche sich zwischen die beiden hinteren Staubgefässe zieht.

Es giebt Arten in der Gattung *Musa,* bei denen zwar stets mit geringerer Grösse, aber doch entwickelt, das sechste Staubgefäss auftritt. Zu ihnen gehört *Musa Ensete.* An dieser Pflanze wird die Entwicklungsgeschichte zeigen, dass der Raum zwischen dem Rande der Ovargrube und dem hinteren Perigonblatt gross genug ist, um die Aufstellung eines sechsten Staubgefässes zu erlauben. Gewisse Arten der Untergattung *Physocaulis* sollen dadurch ausgezeichnet sein, dass die 3 äusseren Perigonzipfel und die 3 inneren für sich durch gemeinschaftliche Basalstücke gehoben werden. Bei ihnen fehlen demgemäss die »accessorischen Zähne des Kelches« gewisser Systematiker.

Da die Blüthen zu ihrer Mediane symmetrisch gebaut sind, so lässt sich jene bei den Sprossen von *Cyperus papyrus* durch die Wendung der Verbindungscurve der Blätter so klar ausgeprägte Antidromie der rechts und links zur Mitte gelegenen Sprosse nicht nach-

weisen. Eine geringe Verschiedenheit ist aber insofern vorhanden, als die zwei ersten Perigonblätter in ihrer Grösse etwas ungleich lang sind. Diese grösseren Blätter stehen nun derartig, dass sie in der rechten Hälfte an den Blüthen der oberen Schaar links, in der linken Hälfte rechts gelegen sind, so dass auch hier eine Beeinflussung der Ausbildung durch die symmetrische Anreihung der Blüthen nachweisbar ist.

V. Nochmals die Pandanus-Blattstellung.

Von allen Entgegnungen, welche in dem Laufe der letzten Jahre gegen meine morphologischen Arbeiten erhoben worden sind, sei es dass sie die Beobachtungen selbst betrafen, sei es dass sie sich auf die Ausdeutungen derselben bezogen, erscheinen mir die von SCHWENDENER* gegen meine Arbeit über die Blattstellungen in gewundenen Zeilen gerichteten als die wichtigsten. Ich komme auf diese Einwürfe aus zwei Gründen zurück, einmal deswegen, weil ich für die Richtigkeit meiner Beobachtungen neue Belege beibringen kann, und zweitens, weil SCHWENDENER meine Beweisführung nicht in allen Punkten widerlegt hat und auf den hauptsächlichsten und wichtigsten nicht eingegangen ist. Um auch für diejenigen Botaniker, welche nicht vollkommen mit dem hier zu behandelnden Gegenstande vertraut sind, verständlich zu werden, will ich ganz kurz die Kernpunkte der zwischen SCHWENDENER und mir bestehenden Differenz hervorheben: SACHS hatte einmal Gelegenheit, eine umfangreiche Knospe von *Pandanus utilis* zu untersuchen, und fand, dass die Blätter in derselben streng nach $^1/_3$ angeordnet waren. Die Gesammtheit der Blätter bildete also 3 gerade verlaufende Zeilen. Da nun später eben diese selben Blätter äusserst sinnfällig in 3 gewundenen Zeilen standen, so war seine Annahme, dass eine Verschiebung stattgefunden haben müsste, scheinbar vollkommen gerechtfertigt. SCHWENDENER stimmte dieser Meinung nach seinen Beobachtungen bei.

Meinen Untersuchungen zufolge ist die Thatsache, dass die *Pandanus*-Blätter in der Knospenpyramide, von unerheblichen Abweichungen abgesehen, in 3 Geradzeilen angeordnet sind, richtig. Der blosse Augenschein und Querschnitte durch die Pyramide bestätigen diese Thatsache. Meine Messungen an dem Vegetationskegel von

* SCHWENDENER, Zur Kenntniss der Blattstellungen in gewundenen Zeilen, in Sitzungsber. d. Berl. Akad. XXXVIII. 963 (1894).

Pandanus haben mir aber gezeigt, dass die Winkel, welche der Mittelpunkt des Scheitels des Vegetationskegels mit den in dem Mittelnerven gelegenen Fixpunkten der Blätter bildet, erheblich grösser als 120° sind und dass die Blattdivergenzen der ersten Anlage nach mit den späteren definitiven Divergenzen zusammenfallen. Die Anreihungen der Blätter in der Knospenpyramide geben also die wahren Stellungsverhältnisse der Blätter nicht wieder. Die Durchschnittswinkel der gegenseitigen Abweichungen der Blätter in der Knospenlage müssen unter allen Umständen 120° ergeben, weil die Knospe eine dreiseitige Pyramide darstellt, ihr Querschnitt also ein Dreieck ist; demgemäss theilen sich 3 Winkel in 360°. Messungen im Bereiche dieser Pyramide sind also überflüssig. Welchem Umstand ist nun die Ursache der Verschiedenheit in den Winkeln am Vegetationskegel und in der Knospenpyramide zu danken? Wenn sich die Blattanlagen nach ihrer ersten Entstehung vergrössern, so finden sie in den schon vorhandenen Blättern einen Bestimmungsraum vor, mit dem sie sich abfinden müssen. Indem jedes folgende Blatt mit einer Hälfte das vorhergehende deckt und entsprechend zur Hälfte vom folgenden übergriffen wird, erlangt die Knospe die Gestalt einer dreiseitigen Hohlpyramide. Die in der Mitte längsgebrochenen Blätter fügen sich nun derart am besten unter den gegebenen Bedingungen in den Raum ein, wenn die Falze der Blätter in die Hohlkanten der Pyramide fallen. Nothwendiger Weise müssen die Blätter zu diesem Behufe am Grunde eine kleine Wendung machen*, die aber bei der Weichheit der Substanz an der Basis keinen Schwierigkeiten begegnet. Fächert sich dann später die Knospe auf, so kehren die Blätter in die ursprüngliche Disposition zurück.

Ich habe die Richtigkeit dieses Vorganges nicht blos durch die directe Messung bewiesen, sondern ich habe sie auch noch durch den Umstand zu erklären gesucht, dass eine Torsion an dem Stamme von *Pandanus*, welche die definitive Stellung der Blätter besitzt, nicht nachweisbar ist. Während der jüngsten Stadien der Entwicklung liegen die Epidermiszellen des Stammes in senkrechten Zügen. Diese geraden Anreihungen müssen in eine schiefe übergehen, sobald der Stamm torquiert wird. Eine genaue Untersuchung der Epidermis innerhalb der Zone, in welcher die Blätter bereits in drei gewundenen Zeilen standen, hat eine solche Veränderung der Zellenzüge nicht ergeben. SCHWENDENER ist auf diesen Punkt meiner Beweisführung nicht eingegangen und hat auch

* Die Grösse dieser seitlichen Wendung ist in der Nähe des Vegetationskegels minimal; für *P. Veitchii* berechnete ich dieselbe beim sechsten Blatt auf 0,15 mm.

den vorigen Punkt, die Einfügung der Blätter in einen gegebenen Bestimmungsraum betreffend, nicht weiter berücksichtigt und erörtert.

Die Methode, auf Grund deren SCHWENDENER seine Resultate gewann, bestand in der Anfertigung von Querschnitten, der Bestimmung der Durchschnittswerthe für die Divergenzwinkel und dem Vergleich derselben in verschiedenen Zonen der Knospe. Er glaubte an der Ansicht festhalten zu dürfen, »dass Form und Stellung der jüngsten Anlagen am Scheitel auf glücklich geführten Querschnitten mit grösserer Sicherheit erkannt werden könne als nach irgend einer anderen Methode.« Ich habe bekanntlich insonderheit die Methode in Anwendung gebracht, derzufolge ich den Vegetationskegel freipraepariere, ihn bei Oberlicht betrachte, mit dem Prisma zeichne und nun die Winkel bestimme. Wenn es anging, habe ich auch die von SCHWENDENER bevorzugte Methode nicht vernachlässigt, namentlich habe ich *Pandanus* und *Cyperus papyrus* nach derselben vielfach in den Blattstellungen geprüft. Man wird aber leicht einsehen, dass die Methode der Querschnitte bei *Pandanus* nicht zu dem gewünschten Resultate, eine Klarheit über die Anfangsstellungen zu gewinnen, führen kann.

Wir bedürfen zur Feststellung der Divergenz stets zweier Fixpunkte, einmal des im vorliegenden Falle für alle Blätter gemeinschaftlichen, in dem Centrum des Vegetationskegels gelegenen (des Axenfixpunktes) und zweitens der Fixpunkte in der Blattinsertion. Als letzteren wähle ich die Mitte des Blattrückens. Ich betone hier ausdrücklich, dass wir die Divergenz nur ermitteln können unter Benutzung des Fixpunktes an der Insertionsstelle. Wir werden ganz bestimmt auf keinem anderen Wege eine Sicherheit in der Feststellung der Divergenzwinkel erlangen als dadurch, dass wir uns in irgend einer Weise ein Praeparat herstellen, welches so beschaffen ist, dass wir zugleich den Axenfixpunkt und möglichst viele Blattfixpunkte klar und scharf übersehen können.

Ein Praeparat, das diesen Anforderungen entspricht, ist aber allein zu gewinnen, wenn man die obersten Blätter am Vegetationskegel mit einer scharfen Nadel glatt abtrennt, so dass sich die Insertionsflächen der Blätter vollkommen deutlich abheben. Ein solches Praeparat ist mit Hülfe von Querschnitten nicht zu gewinnen. Das einzige, welches SCHWENDENER mit dem Vegetationskegel gezeichnet hat, liegt in Taf. V Fig. 5 vor. Er hat dabei aber nur die Insertion eines einzigen Blattes getroffen, desjenigen, welches die Ziffer 6 trägt und als das letzte Organ in dem System ausgegliedert worden ist; alle übrigen Blätter sind beträchtlich höher in der Spreite durchschnitten, die Insertionen dieser Blätter liegen tiefer als die Schnittebene. In ihnen aber hat sich jene Einschmiegung der Spreiten in

den Hohlraum der Knospenpyramide bereits vollzogen, denn schon das vierte Blatt f^4, von der jüngsten Anlage als f^0 aus gerechnet, hat eine ansehnliche Spreite, die sich mit dem gebotenen Raume abfinden muss. Die übrigen Querschnitte fallen für unsere Frage weniger ins Gewicht. Ich habe schon oben gesagt, dass in der geschlossenen Knospenpyramide die Divergenzwinkel als Centriwinkel im Dreieck durchschnittlich 120° betragen müssen. Ich habe diese Thatsache auch niemals angezweifelt; ebensowenig ist die andere Thatsache in Zweifel zu ziehen, dass diese Winkel bei der Auffächerung der Knospe grösser werden; diese Verhältnisse sind selbstverständlich richtig. SCHWENDENER hat aber den Kernpunkt der Frage, nämlich die Festsetzung der ursprünglichen Divergenz an der Axe nicht erledigt; er hat nicht gezeigt, dass meine Messungen der Divergenzwinkel am Vegetationskegel unrichtig sind.

Nun ist noch ein anderer Punkt in Betracht zu ziehen. SCHWENDENER kommt endlich zu dem Schlusse, dass die Torsion auf Grund seines Dachstuhlgesetzes nothwendiger Weise erfolgen muss. Auf eine Prüfung dieses Gesetzes will ich vorläufig nicht eingehen; ich werde in diesem Hefte später die Angelegenheit behandeln. Er hat constatiert, dass in der Scheitelregion der *Pandanus*-Sprosse das Längenwachsthum vorwiegend ist, »es wirkt demgemäss ein longitudinaler Zug.« Die Thatsache, dass in der Spitze das Längenwachsthum beträchtlich das Dickenwachsthum übertrifft, ist richtig. Ich habe an 3 Aesten von *Pandanus silvestris* die Höhen bestimmt, welche 3 aufeinander folgende Blattheptaden einnehmen, und auch die Durchmesser der Axen bestimmt, über welchen diese Heptaden an der Axe sitzen. Am Vegetationskegel ist der Unterschied in der Höhe der Insertionen äusserst gering, das Axenstück, auf dem die 7 Blätter befestigt sind, ist kaum 0,5 mm hoch. Der Durchmesser der Axe an der Insertion des untersten Blattes, die noch dreiseitig ist, beläuft sich auf 5 mm. Die Axenhöhe für die nächste Heptade ist gleich 4 mm, der Durchmesser der im Querschnitt kreisförmigen Axe am Grunde des vierzehnten Blattes beträgt 13 mm. Die dritte Blattheptade beansprucht eine Höhe von 5 mm, das letzte Blatt sitzt auf einem Querschnittselement von 20 mm. Von nun an findet eine Längsstreckung nicht mehr statt, wohl aber kann die mit Blättern besetzte Axe noch in die Dicke wachsen.

Von der ersten bis zur zweiten Heptade findet also ein Längenzuwachs von 0,5 mm auf 4 mm statt, d. h. die Zunahme ist eine 8fache. Der Durchmesser wächst dabei, wenn ich den ersten Querschnitt als einen Kreis auffasse, von 5 mm auf 13 mm, die Zunahme ist eine $2\frac{3}{5}$fache. In dieser Zone können offenbar die von SCHWENDENER auf

Grund des Dachstuhlgesetzes angenommenen Verschiebungen stattfinden.

In der dritten Heptade erreicht die Axe eine Länge von 5 mm, sie wächst also um 1 mm, die Dicke der Axe steigt aber von 13 mm auf 20 mm. Diese Erfahrung ist sehr wichtig! Schon in dieser Zone überwiegt, wie wir sehen, das Dickenwachsthum das Längenwachsthum. Da nun, wie die Beobachtung lehrt, der an den oberen Blättern herrschende Contact bei den *Pandanus*-Zweigen noch vorliegt, so muss in der Ausdehnung der dritten Heptade die von SCHWENDENER auf Grund des Dachstuhlgesetzes erschlossene Torsion zur Ruhe kommen und dann in die rückläufige Bewegung umschlagen. Eine Veränderung der Torsion findet aber in Wirklichkeit nicht statt; die Blätter der *Pandanus*-Sprosse stehen vielmehr stets in drei gleichmässig aufsteigenden, gewundenen Zeilen.

Ich will auch meine Bedenken nicht unterdrücken, dass eine Axe von der Dicke, welche die von *Pandanus silvestris* in der zweiten und dritten Heptade besitzt und die an anderen Arten noch viel stärker ist, durch die von SCHWENDENER angenommenen Kräfte gedreht werden soll. Ausserdem müsste doch eine Torsionsspannung nachweisbar sein, welche in dem Augenblicke zurückgehen muss, in dem die Blätter von der Axe abgelöst werden. Meine Untersuchungen haben nach dieser Richtung hin kein bestätigendes Resultat ergeben.

Um die ursprüngliche Anreihung der Blätter in drei gewundenen Zeilen für die Untersuchung bequem zugänglich zu machen, bediente ich mich einer Pflanze, die man sich leichter verschaffen kann als die *Pandanus*-Sprosse. Ich griff zu diesem Zwecke auf *Cyperus alternifolius* zurück, der in allen botanischen Gärten zu finden ist und häufig als Aquariumpflanze cultiviert wird. Untersucht man das Ende des Halmes, dessen Länge durch eine Dehnung zwischen dem fünften und sechsten Blatte an der Keimpflanze oder dem Seitensprosse einer älteren Pflanze erzeugt wird, so findet man dasselbe zusammengesetzt aus einer sehr grossen Anzahl Blätter. In der Achsel eines jeden derselben steht ein Seitenspross, der später zu einer Inflorescenz auswächst. Ich habe die Lage desselben in der ersten Entstehung sehr genau bestimmt und fand ihn genau in der Mediane des Blattes, d. h. also, ein Schnitt durch den Rückenkiel desselben spaltete das Primord in zwei gleiche Hälften.

Wenn ich nun ein endständiges Blattbüschel der Pflanze daraufhin prüfte, welche Stellung der Blätter vorlag, so konnte ich sehr gut die Knospe in der Achsel der Blätter als Indicator für den Blattfixpunkt betrachten. Ich nahm also ein solches Blattbüschel zur Hand, in dem eine Lageveränderung der Blätter noch nicht stattgefunden

haben konnte. Die Disposition derselben stimmte mit der von *Pandanus* überein. In der Knospe bildeten die Blätter eine schlank dreiseitige Pyramide, später standen sie nach der Dehnung der Axe, an der sie befestigt waren, in drei gewundenen Zeilen. Ein Unterschied ist aber gegen *Pandanus* zu constatieren: sie werden nämlich in ihrer Gesammtheit von einem röhrenförmigen Blatte eng umschlossen, das sie bis zur Auffächerung dicht zusammengepackt hält und welches die Möglichkeit einer Bewegung der Blätter vollkommen ausschliesst.

Die Knospenpyramide, welche ich untersuchte, war 15 cm lang; die Breite der etwas gerundeten Seiten betrug 7 mm, nach unten hin näherte sie sich durch eine stärkere Abrundung der Seiten der Form eines Cylinders. Oeffnet man nun diese innerste Scheide, die sehr zäh und bis 0,5 mm dick ist, und schält das Knospenprisma heraus, so behält das ganze System seine äussere Form bei. Sie bleibt auch erhalten, wenn man vorsichtig von aussen nach innen vorschreitend ein Blatt nach dem anderen ablöst. Die am Grunde noch dehnungsfähigen Phyllome sind dort so weich, dass sie, aus dem Deckungsverbande mit den übrigen befreit, sogleich schlaff herabsinken.

Die Untersuchung über die Lage der Achselknospen ergiebt, dass dieselben noch in der Mediane der Blätter sitzen. Vergleicht man nun die Orte derjenigen Knospen, welche nach der bisher geltenden Anschauung wie die Blätter einer Geradzeile in einer Reihe übereinander liegen müssen, so nimmt man in völlig unwiderlegbarer Weise wahr, dass diese Knospen in der noch geschlossenen Pyramide gegen einander seitlich divergieren, also schon jetzt, da eine Torsion notorisch noch ganz und gar nicht stattgefunden haben kann, eine gewundene Zeile bilden. Folglich müssen die Insertionen der Blätter an der Axe schon jetzt, ehe also eine Dehnung stattgefunden hat, ebenfalls in einer gewundenen Zeile angereiht sein.

Eine Verschiedenheit der Ergebnisse über die Blattstellungen an den Sprossen von *Pandanus* und *Cyperus alternifolius* ist nur deshalb möglich, weil diese Objecte für die Ermittlung der wirklich obwaltenden Verhältnisse sehr untauglich sind. Läge, wie bei den meisten anderen Pflanzen, der Vegetationskegel frei und könnten die Neubildungen ungehindert und bequem übersehen werden, so wäre ein Widerstreit der Meinungen gar nicht denkbar. Die Spitzen der Sprosse beider Objecte sind aber einmal recht schwer zu behandeln, der Vegetationskegel und die ersten Anlagen sind winzig klein, vertrocknen sehr schnell und jeder Schnitt übergiesst sie mit reichliger Zellflüssigkeit. Bei einiger Uebung kann man allerdings diese Schwierigkeiten überwinden. Viel schlimmer aber ist der Umstand, dass sogleich nach der Entstehung der Junganlagen der Blätter diese über

dem Vegetationskegel kappenförmig zusammenschliessen, so dass eine freie und weite Uebersicht über die vorliegenden Verhältnisse vollkommen verwehrt ist.

Ich habe lange nach besseren Objecten für die Erforschung der Blattstellungsverhältnisse in gewundenen Zeilen gesucht, ohne eine brauchbare Pflanze zu finden, bis mir der Blüthenstand von *Musa sapientum* wieder zufällig in die Hände kam. Dieser zeigte sich nun als vortrefflich brauchbar für meinen Zweck. Ich habe bereits eine Abbildung desselben gegeben* und kann auf dieselbe deshalb verweisen. Eine kurze Beschreibung der morphologischen Verhältnisse, die hier obwalten, habe ich schon oben** mitgetheilt, hier kommen noch folgende Verhältnisse in Betracht:

An dem grossen, der Form nach einem Herzen gleichenden Endstück der Inflorescenz herrscht lückenloser Contact bis zum Abfall der Blätter. Das Wachsthum in dem Organsystem geschieht überwiegend in die Länge. Die definitive Anordnung der Bracteen, welche die collateralen Doppelschaaren der Blüthen umschliessen, zeigt besonders deutlich nach Abfall derselben drei gewundene Zeilen. Wäre die SCHWENDENER'sche Voraussetzung richtig, dass drei gewundene Zeilen durch die Torsion bei lückenlosem Contact und gefördertem Längenwachsthum eintreten, so müssten die Bracteen am Scheitel in drei Geradzeilen angereiht sein. Die Betrachtung aber des Vegetationskegels, welcher die Junganlage hoch überragt, belehrt uns, dass die Primordien der Blätter schon von dem ersten Anfang an drei gewundene Zeilen einhalten.

In jener Arbeit, welche meine Untersuchungen über die *Pandanus*-Stellung kritisch beleuchtet, hat SCHWENDENER*** auch Rücksicht auf die Cactaceen genommen, die zweifellos in den Anreihungen ihrer Blätter bez. der sie tragenden Polster, Warzen oder Rippen das höchste Interesse bieten. Er hat schon früher zweimal† diese Familie berücksichtigt. Da ich mich mit derselben sehr eingehend beschäftigt habe, so ist es vielleicht nicht unangebracht, wenn ich an dieser Stelle vorläufige Mittheilungen über einige Erfahrungen mache, die ich gesammelt habe. Ich werde später eingehender über meine Untersuchungen berichten, die nur langsam fortschreiten, weil bei der Sorge um die Erhaltung der verschiedenen Arten in dem botanischen Garten

* K. SCHUMANN, Morphologische Studien. I. Taf. II, Fig. 1.

** S. 225.

*** SCHWENDENER in Sitzungsber. d. Berl. Akad. XXXVIII. 974.

† SCHWENDENER, Blattstellungstheorie 48 u. Sitzungsber. XXXII. 749.

von Berlin für die Prüfung bestimmter Fragen nicht stets das gewünschte Material in der nöthigen Menge zur Verfügung steht, sondern erst in jahrewährenden Fristen herangezogen werden muss.

SCHWENDENER macht in der zweiten Abhandlung eine Bemerkung, dass Blattstellungen von Kantenbildungen oder Rippen beeinflusst werden könnten, und fährt fort: »So z. B. bei *Mamillaria* im Gegensatz zu *Cereus*, *Echinocactus* u. s. w. Es wäre zu untersuchen, ob vielleicht solche Rippen ursprünglich schief verlaufen und sich erst nachträglich aus mechanischen Gründen longitudinal stellen.« In seiner zweiten Besprechung des Gegenstandes kommt er zu folgendem Resultate: »Die Kanten oder Rippen, welche am fertigen Stamme die Blattkissen tragen, treten erst etwas später hervor. In dieser Beziehung kann ich die hierauf bezügliche Bemerkung auf S. 48 meiner Blattstellungstheorie nur bestätigen.« Er stellt dann unzweifelhaft fest, dass bei den dreikantigen Arten von *Phyllocactus* und *Cereus* seitlicher Contact nicht herrscht, eine Erfahrung, die ihn in hohem Maasse überrascht. Er meint ferner, »dass im vorliegenden Falle die Rippenbildung, obschon sie unterhalb der obersten Blattanlage beginnt, einen bestimmenden Einfluss auf die Vorgänge am Scheitel ausübt. Es sieht ganz so aus, als ob hier die Vorstellung NAUMANN's, die verticalen genetischen Linien betreffend, thatsächlich verwirklicht sei, allerdings mit der Einschränkung, dass die Zahl dieser Linien nicht constant bleibt. Zwischen den drei Rippen kann plötzlich eine vierte auftreten, womit dann eine Aenderung der Blattstellung verknüpft ist.«

Wir haben bei den Cacteen zwei Punkte wohl zu unterscheiden, nämlich einmal die Anlage von Blättern und zweitens die Rippenbildung. Jene ist das primäre, diese ist ein secundäres Verhältniss, wie SCHWENDENER sehr richtig beobachtet hat. Der bestimmende Umstand, ob sich sich gerade Rippen entwickeln oder nicht, liegt allein in den Contactverhältnissen. Ist ein seitlicher Contact unter den gerade übereinander gestellten Neubildungen am Scheitel nicht vorhanden, so entstehen stets gerade Rippen, welche in senkrechter Richtung am Stamme herablaufen. Herrscht dagegen unter den Junganlagen seitlicher Contact und stellen sich die Neubildungen zwischen die bereits vorhandenen in aufsteigender Folge, so bilden sich sinnfällige Schrägzeilen, die meist in vollkommenster Weise nach den Zahlen der Hauptreihe geordnet sind. Die jüngeren Pflanzen derselben Art zeigen die niedrigen, die älteren weisen die höheren Zahlen auf. Ich habe diese Verhältnisse zum ersten Male für die Systematik verwerthet*; ein Blick auf die Diagnosen der *Mamillarien* wird die Regelmässigkeit des Vorkommens

* K. SCHUMANN, Gesammtbeschreibung der Cacteen. Neudamm 1899.

dieser Zahlen belegen; die doppelten Vielfachen der Zahlen sind selten, kommen aber doch vor.

Rippen- und Spiralsysteme finden sich in mehreren Gattungen zugleich, ja gelegentlich an derselben Pflanze. Was das erste Verhältniss anbetrifft, so giebt es Arten von *Echinopsis* mit Rippen, wie z. B. in der Gruppe, welche sich um *Eps. Eyriesii* sammelt; spiralige Anreihungen von beilförmigen Warzen besitzen *Eps. Pentlandii* und Verwandte. *Echinocactus Mac Dowellii* und Verwandte haben spiralige Anreihungen von Warzen, während die meisten Arten der Gattung echte Rippenbildung aufweisen. *Mamillaria* mit den nahestehenden Gattungen *Ariocarpus* und *Pelecyphora*, sowie die Gattung *Leuchtenbergia*, die mit *Echinocactus* verwandt ist, *Opuntia* mit *Maihuenia* und *Pterocactus* und *Peireskia* sind die Gattungen, welche ausnahmslos die spiraligen Anreihungen der Neubildungen am Scheitel und an den entwickelten Pflanzen zeigen.

Sehr bemerkenswerth sind die Verhältnisse bei einzelnen Arten von *Echinocactus*. Wie schon erwähnt, ist diese Gattung keineswegs stets durch gerippte Körper ausgezeichnet. In den Untergattungen *Thelocactus*, *Hybocactus* und *Notocactus* z. Th. sind vielmehr Warzen vorhanden, welche in spiraligen Anreihungen am Scheitel hervortreten. Nun macht man die Beobachtung, dass es gewisse gerippte Arten giebt, bei denen mit der grössten Regelmässigkeit die Zahl der Rippen nach den Zahlen der Hauptreihe geordnet ist (*E. tulensis* Pos., *E. rinconadensis* Pos., *E. gibbosus* P. DC. u. s. w.). Die Rippen dieser Formen sind aber nicht gleichmässig, sondern mehr oder minder tief gekerbt; sie verlaufen auch nicht stets ganz gerade, sondern sind oft spiralig gewunden. Schon die tiefe Gliederung weist darauf hin, dass die Entstehung derselben in der Form von Warzen mit spiraliger Anreihung geschah, später sind dann die Warzen durch gerade und schief verlaufende Verbindungsstücke zu Rippen vereinigt worden.

Sehr bemerkenswerth ist die Thatsache, dass bei *Melocactus* nach meiner Beobachtung zuerst die Neubildungen in geradaufsteigenden Zeilen ohne seitlichen Contact entstehen. Die Körper der Arten sehen in der Jugend genau wie ein gerippter *Echinocactus* aus. Wenn sich aber die Pflanze anschickt zu blühen, dann finden wir eine ganz andere Bildung. Die Junganlagen müssen, wie die Untersuchung an abgestorbenen Exemplaren lehrt, in spiralige Anreihung zusammentreten, denn die Areolen bilden ein System mit sinnfälligen Schrägzeilen nach den Zahlen der Hauptreihe. Dieselbe Erscheinung findet sich auch bei *Cephalocereus Melocactus* und anderen Arten der Gattung wieder; bei jener tritt sie nur auf einer Seite der Axe auf, wie zuerst Göbel nachgewiesen hat. Diese Vorkommen sind theoretisch deswegen so

äusserst wichtig, weil sie einen Beweis dafür geben, dass wir uns auf Grund einer rein mechanischen Theorie mit den gegebenen Verhältnissen nicht abfinden können. An ein und derselben Pflanze kommen zuerst gerade Rippen, später spiralige Systeme von Warzen vor. Wenn nun die Verhältnisse, welche beide erzeugen, wechseln, so können wir die Variation mechanisch nicht erklären, selbst wenn wir geneigt sind, die spiralige Anreihung auf den lückenlosen Contact der Neuanlagen zurückzuführen. Etwas von dem »Typus« bleibt als ein Residuum immer zurück, ist jetzt nicht zu eliminieren und wird vielleicht niemals auszuschalten sein.

Nicht zu weit vom Typus ab liegt jene Vorstellung NAUMANN's, welcher selbst SCHWENDENER Gehör zu schenken scheint, von »den verticalen genetischen Linien«. Bezüglich dieser muss ich aber auf die Thatsache hinweisen, dass die Rippen auch an solchen Formen, die keinen seitlichen Contact zeigen, bisweilen spiralig gewunden sind. Man bemerkt dieses Verhältniss namentlich an *Echinocactus ornatus* P. DC.* Diese Pflanze ist durch sehr hohe und scharfe Rippen ausgezeichnet. Es giebt Exemplare, welche vollkommen gerade verlaufende Rippen aufweisen, bei anderen sind sie mehr oder minder stark gewunden. Wenn ich nun auch nicht in der Lage war, den Vegetationskegel einer solchen sehr alten Pflanze, die im hiesigen botanischen Garten aufbewahrt wird, zu untersuchen, so lehrt doch die Zahl und der Verlauf der Rippen, dass die Junganlagen nicht in spiraliger Anreihung stehen können. So viel aber kann man bei der Betrachtung des Scheitels sehen, dass die Windung bis oben herauf zu verfolgen ist. Aus dieser Wahrnehmung geht hervor, dass NAUMANN's genetische Linien bisweilen auch schief verlaufen. Die SCHWENDENER'sche Vermuthung, dass vielleicht die später »longitudinalen Rippen der Cactaceen zuerst schief gerichtet seien und sich erst später aus mechanischen Gründen longitudinal stellen«, ist bestimmt nicht richtig. Die Beständigkeit in der Richtung habe ich nicht blos bei geradrippigen *E. ornatus* und andern Cactaceen stets beobachtet, sondern sie ist auch von ihm selbst an *Phyllocactus* und *Cereus* nachgewiesen worden.

* Vergl. K. SCHUMANN, Gesammtbeschreibung Fig. 57.

VI. Die Verschiebungen der Organe an wachsenden Sprossen.

Einleitung.

Trotzdem, dass die Litteratur über die Lehre von den Blattstellungen in einer wahrhaft beängstigenden Weise angeschwollen ist und bis in die neuere Zeit immer weiter wächst, so ist doch, wie schon Cas. De Candolle einst zutreffend bemerkte, selbst über die fundamentalen Sätze eine vollkommene Einigkeit und eine Uebereinstimmung der Meinungen nicht erzielt worden. Ja ich kann sagen, dass selbst solche Thesen, welche früher von den beiden Hauptrichtungen in den Anschauungen über phyllotaktische Verhältnisse, von der mechanischen und der vitalen für unumstössliche Wahrheiten angesehen wurden, gerade in der neueren Zeit bedenklich ins Schwanken gekommen sind, wie z. B. der Satz von der Constanz der Divergenzwinkel in einem Systeme.

Wer sich ernst mit einem so schwierigen Probleme, wie die Blattstellungslehre ist, beschäftigt hat, wird wie bei jeder complicierten Frage im Laufe der Zeit durch die Vergrösserung seines Beobachtungsfeldes und die damit zusammenhängende Erweiterung seiner Kenntnisse, durch die unbedingt eintretende Reibung und Unverträglichkeit einzelner Thatsachen, durch die immer von neuem vorgenommene Prüfung der Grundprincipien gewisse Wandlungen in seinen Anschauungen erfahren, sofern er vor allen geneigt ist, die Thatsachen zu sammeln und sprechen zu lassen und sich nicht von unverrückbar festsitzenden Principien leiten lässt.

In einem Zweige der Naturwissenschaft, der wie die Lehre von der Blattstellung entweder rein mathematisch oder wenigstens mit einem Anstriche von Mathematik (von Braun-Schimper) behandelt worden ist, wird die Gefahr der Unverrückbarkeit der Ueberzeugung grösser sein als in solchen Gebieten, die nicht mathematisch behandelt werden, weil die Mathematik für ihre Operationen eine unbedingte Folgerichtigkeit und Objectivität in Anspruch nimmt und beanspruchen darf. Sind die Rechnungen fehlerlos ausgeführt, so lässt sich an ihnen nicht mäkeln; mit um so grösserer Schärfe sind aber die Praemissen zu prüfen, auf welche sich jene gründen. Es wird für mich eine besondere Aufgabe sein, diese Prüfung zu vollziehen, die allgemeine Geltung der Voraussetzungen zu untersuchen oder den Umfang der Geltung zu bestimmen.

Auch ich habe im Laufe der Zeit Wandlungen in meiner Auffassung über die Lehre von den Blattstellungen erfahren. Im grossen und ganzen von der Richtigkeit der Grundprincipien der mechanischen Theorie überzeugt, habe ich doch von Anfang das Bestreben gefühlt, auch ihren Mängeln gegenüber die Augen offen zu behalten. Wer meinen Blüthenanschluss und meine morphologischen Studien mit Aufmerksamkeit gelesen hat, wird diesen, wie ich meine, gesunden Skepticismus an mehreren Stellen spüren. Ich habe zuerst die Meinung von dem überall herrschenden Contact der Neubildungen an wachsenden Organen als unrichtig nachgewiesen, indem ich auf die Vegetationskegel blühender Sprosse von *Victoria regia* und auf die Anlagen der Blüthenstände von *Zea mays* hinwies. Ich habe später auf die Nothwendigkeit von Messungen an dem lebenden Pflanzenkörper aufmerksam gemacht, falls wir ein klares Bild über die hier obwaltenden Thatsachen gewinnen wollen. Endlich habe ich mit Cas. De Candolle zu zeigen unternommen, dass die von Schwendener berechneten »Verschiebungen« bei wachsenden Sprossen auch auf anderem Wege, in Sonderheit als die Folge der Unzulänglichkeit unseres Auges als Messinstrumentes zu erklären sind.

In meiner Untersuchung über die Blattstellung von *Pandanus* habe ich die Annahme einer »Verschiebung der Blätter aus der Geradanreihung zu einer Stellung in gewundenen Zeilen« als nicht zutreffend darzustellen versucht. Ich bin in dem voraufgehenden Aufsatze auf diese Frage nochmals zurückgekommen und habe neue Thatsachen für die Richtigkeit meiner Beobachtungen vorgelegt, indem ich die von Schwendener dagegen gemachten Einwürfe zu beseitigen trachtete. Die jetzige Arbeit wird sich in Sonderheit nur mit einer Frage beschäftigen: ich werde an der Hand einer umfangreichen Reihe von Beobachtungen und Messungen eine Entscheidung darüber herbeizuführen versuchen, ob die von Schwendener behaupteten »Verschiebungen« d. h. objectiven Divergenzänderungen an wachsenden Organsystemen mit entweder vorwiegendem Längen- oder vornehmlichem Breitenwachsthum in Wirklichkeit stattfinden oder nicht. Alle anderen Fragen, namentlich alle Einwürfe, welche gegen meine morphologischen Arbeiten im Laufe der letzten Jahre erhoben worden sind, werde ich vorläufig unberücksichtigt lassen, indem ich ihre Prüfung auf später verschiebe.

I. Kurze Darstellung des Schwendener'schen Dachstuhlgesetzes.

Schwendener untersucht in seiner mechanischen Theorie der Blattstellungen zuerst »die Verschiebungen seitlicher Organe durch

ihren gegenseitigen Druck«. Als eine so gut wie selbstverständliche Thatsache setzt er voraus, dass im Laufe der Entwicklung eines Stammorgans und seiner seitlichen Sprossungen Verschiebungen stattfinden müssen. Er stellt zunächst Voraussetzungen auf, welche die mathematische Aufgabe, diese Verschiebungen zu verfolgen, möglichst vereinfachen. Zu diesem Behufe geht er von der Annahme aus, Form und Grösse der seitlichen Organe bleiben während der Verschiebung constant, und die Gestalt derselben sei die denkbar günstigste, nämlich der Kreis.

Er nimmt nun an, dass ein regelmässiges System von sich berührenden Kreisen auf einem Cylindermantel liege. Diesen denkt er sich in einer zur Cylinderaxe parallelen, senkrechten Linie aufgeschnitten und flach ausgebreitet. Die regelmässig verlaufenden Berühungszeilen der Organe bilden dann keine Spiralen mehr, sondern gerade Linien. In dem angenommenen Beispiel der $^{13}/_{34}$ Stellung entstehen Systeme von parallelen Linien, die sich rechtwinklig schneiden. Die Zeilen selbst sind die 3er und 5er. Indem er nun die durch zwei in den Seitenlinien des ausgebreiteten Cylindermantels gelegene, identische Punkte gehenden Zeilen bis zu ihrem Durchschnitt verfolgt, erhält er ein rechtwinkliges Dreieck, einen Dachstuhl, den er als Ausgangspunkt seiner weiteren Betrachtung benutzt.

Beziffert er die beiden identischen Kreise mit f^{12}, so ist der Scheitel des Dreieckes, in dem sich die 3er- und 5er-Zeilen schneiden, ein Punkt, der das nächste Vielfache von 3 und 5 zugleich sein muss, er ist also mit f^{27} $(= f^{12} + f^{3 \times 5})$ zu bezeichnen. Sein Gedankengang ist nun folgender: Wenn eine Axe vornehmlich in der Querrichtung eine Wachsthumszunahme erfährt, so wird auf das Organsystem ein horizontaler Zug ausgeübt, der genau so wirkt wie ein vertikaler Druck. Wirkt derselbe auf die Spitze eines Organcomplexes, hier des Dachstuhls, so pflanzt er sich in der Richtung der sich berührenden Kreise fort. Der Druck wird also zerlegt in zwei Componenten, von denen die eine in der Richtung der 3er-, die andere in der Richtung der 5er-Zeile wirkt. Ihre Grösse wird durch das Parallelogramm der Kräfte bestimmt. Verlegt man nun die Kräfte in der Richtung beider Zeilen bis nach dem Mittelpunkte von f^{12} rechts und links, die als Widerlager des Dachstuhls anzusehen sind, so zerlegen sich die beiden Componenten wieder in 2 senkrecht auf einander wirkende Kräfte. Der Auflagerdruck wird nicht weiter in Rechnung gezogen; der Horizontalschub aber, die zweite Componente ist nothwendig auf beiden Seiten gleich und bewirkt ein Auseinanderrücken des Widerlagers um die gleiche Grösse nach rechts und links.

Die Folge dieses Auseinanderweichens ist eine Senkung der Spitze

des Dachstuhles, und mit ihr erfahren die Organe innerhalb desselben eine Verschiebung, deren Gang für jedes Organ mit Zirkel und Lineal verfolgt werden kann. In dieser mathematischen Betrachtung liegt der Kern des SCHWENDENER'schen Dachstuhlgesetzes, das mit kurzen Worten dahin ausgedrückt werden kann, dass bei vornehmlichem Wachsthum der Tragaxe in die Breite durch die Verschiebungen in Folge senkrecht wirkenden Druckes in den seitlichen Anreihungen der Organe Berührungszeilensysteme mit höheren Ziffern, bei vornehmlichem Längenwachsthum aber durch den entgegengesetzt wirkenden horizontalen Schub in den Anreihungen der seitlichen Organe Berührungszeilen mit niederen Ziffern aus den ursprünglichen Anreihungen entstehen.

Mit diesen Verschiebungen sind Divergenzveränderungen im Gefolge, die SCHWENDENER später für gewisse Fälle berechnet hat. Mir schien es von grösster Bedeutung zu sein, nachzuforschen, ob diese Veränderungen wirklich vorhanden sind. Die SCHWENDENER'schen Berechnungen sind, soweit ich sie überhaupt zu verfolgen im Stande bin, bis auf einen Punkt, den ich am Schluss erörtern werde, richtig. Eine ganz andere Frage aber ist, ob die ausdrücklich gesetzten oder stillschweigend angenommenen Praemissen auch wirklich zutreffend sind. Schon der erste Satz »dass im Verlaufe der Entwicklung eines Stammorganes und seiner seitlichen Sprossungen Verschiebungen stattfinden müssen«, ist ganz und gar unbewiesen; mir leuchtet er z. B. von vornherein keineswegs ein; er ist eine petitio principii.

II. Beobachtungen über Verschiebungen an wachsenden Pflanzensprossen.

Solange ich mich mit der mechanischen Blattstellungstheorie von SCHWENDENER beschäftigt habe, stand ich unter dem Eindruck, dass dieselbe jener breiten Grundlage eines vollkommen einwurfsfreien Beobachtungsmaterials, welches nur auf dem Wege genau ausgeführter Messungen zu gewinnen ist, entbehrte. Die erste und wichtigste Aufgabe SCHWENDENER's wäre es vor dem Aufbau seiner Theorie gewesen, jene Verschiebungen, die er als vorhanden voraussetzte, an einer Reihe von Organsystemen reell und objectiv nachzuweisen, sonst hatte der Unterbau dieses Gebäudes keineswegs jene vertrauensvolle Sicherheit, die zum Aufbau einer mechanischen Theorie der Blattstellung nothwendig ist.

Wir finden zwar in seinen Werken eine ansehnliche Menge von Zahlenangaben; sie sind aber durchgehends unter Voraussetzung der

Richtigkeit seiner Annahme von der Verschiebung auf indirectem Wege, durch das mathematische Calcul oder durch den Vergleich verschiedener Zustände der Organsysteme gewonnen. Mir ist nicht eine Stelle in den betreffenden Werken bekannt, in der mit Hülfe eines Messinstrumentes Veränderungen in den Divergenzen festgesetzt würden. Unter dem Eindrucke, dass eine derartige Unterlage zur festen Fundierung der SCHWENDENER'schen Theorie wünschenswerth, ja ein unabweisbares Bedürfniss wäre, ging ich daran, von der Richtigkeit derselben überzeugt, den Mangel zu begleichen. Nur in dieser Absicht construierte ich das Messinstrument für Divergenzen, das ich unter dem Namen Gonioskop beschrieb. Es dauerte nicht sehr lange, da wurden mir schon einige Zweifel darüber laut, dass die von SCHWENDENER gesetzten Verschiebungen eine allgemeine Verbreitung hätten; ich gab dann später eine Erklärung dafür, wie durch die Unzulänglichkeit des Augenmaasses bleibende ursprüngliche Verhältnisse den Anschein von Veränderungen hervorrufen könnten, die stattgefunden haben.

Es erschien durchaus wünschenswerth, dass womöglich der Vergleich der ursprünglichen und der späteren, wie man meinte, veränderten Divergenzen an einem und demselben Spross vollzogen würde, zuerst an dem Zweige in jugendlichem und dann in erwachsenem Zustande. Deshalb musste ich von meinem Apparate Abstand nehmen, da derselbe die Abtragung des zu untersuchenden Objectes und die Einstellung in das Gonioskop erforderte. Ich werde unten darauf hinweisen, welche mannigfachen Methoden ich in Anwendung brachte, um eine bestimmte und vollkommen einwandsfreie Einsicht in jene Vorgänge zu erhalten, welche sich bei der Dehnung der Sprosse vollzogen, namentlich also, ob jene Oscillationen, die SCHWENDENER behauptete und in mindestens einem Falle umfangreich ziffernmässig bestimmt hat, wirklich stattfinden.

Ich habe für meinen Zweck besonders zwei Pflanzenfamilien berücksichtigt, nämlich die Nadelhölzer und die Compositen. Von jenen prüfte ich viele Jahre hindurch die austreibenden Laubzweige, von diesen die Blüthenköpfchen. Beide Objecte sind, wie wir unten sehen werden, zu dem Behufe vortrefflich geeignet und deswegen besonders empfehlenswerth, weil man in dem ersten Falle Organcomplexe aus der vegetativen Sphäre mit vornehmlichem Längenwachsthum, im letzteren aus der floralen Region mit bevorzugtem Breitenwachsthum zur Untersuchung hat.

A. Untersuchungen an Nadelhölzern.

Die Nadelholzzweige sind für unseren Zweck ganz besonders deswegen von hohem Werth, weil wir über die Oscillationen, welche sich an den endständigen Blättern bei dem Längenwachsthum vollziehen, von SCHWENDENER genau unterrichtet sind. Um keinerlei Unsicherheit in der Darstellungsweise aufkommen zu lassen, citiere ich SCHWENDENER's* eigene Worte, mit denen er den Process der Verschiebung bei den Laubzweigen von *Abies pinsapo* vorführt. Nachdem er festgesetzt hat, dass sich an den Terminalknospen als bleibende Divergenz c. $\frac{8}{21}$ eingestellt hat, giebt er auf Grund der Dachstuhltheorie folgende Analyse der Bewegung eines der obersten Blätter. In der Ausgangsstellung an der Laubknospe schneiden sich die 8er- und 13er-Zeilen; er wählt nun ein Blatt zu seiner Betrachtung, welches den Scheitel eines Dachstuhles einnimmt. Werden die basalen Ecken des Dreiecks durch die Insertionen von f^0 und f^0 bezeichnet, so liegt an der Spitze das Blatt f^{104}. Die Bewegungen des Blattes werden mit folgenden Worten veranschaulicht: »Die Schwingungen, welche Blatt 104 beschreibt, während es durch den Wachsthumsprocess in die Höhe gehoben wird, erreichen hiernach eine sehr weite Amplitude. Letztere beträgt, wenn man blos die Divergenzänderungen in Rechnung bringt, 0,64 des Umfanges (der Axe). Wenn also beispielsweise eines der obersten Blätter in der aufrecht gedachten Knospe nach Norden gerichtet war, so wird es bei der Entfaltung zunächst nach Ostnordost, dann über Norden und Westen nach Südwesten, zuletzt wieder in der entgegengesetzten Richtung verschoben, um endlich etwa im Nordnordwesten stehen zu bleiben. Selbstredend erfahren die unteren Blätter entsprechend kleinere Verschiebungen.« Später** kommt SCHWENDENER nochmals auf die Zweige von *Abies pinsapo* zurück, indem er angiebt, dass »die Schwingung der oberen Blätter eine Amplitude bis zu 230° umfassen kann.«

Diese durch Berechnung abgeleiteten Oscillationen hat SCHWENDENER durch die directe Beobachtung und die Messung nicht auf ihre Richtigkeit an der lebenden Pflanze geprüft. Die Angabe, dass diese Schwingungen stattfänden, war für mich der Ausgangspunkt einer grossen Reihe von Untersuchungen. Ich meinte von vornherein, dass nur einige Aufmerksamkeit dazu gehören könne, um an einem austreibenden Zweige die Stellungsveränderung eines gezeichneten Blattes aus der oberen Region des Triebes thatsächlich festzusetzen. Wenn

* SCHWENDENER, Mechanische Blattstellungstheorie 26.

** SCHWENDENER, Mechanische Blattstellungstheorie 41.

nun auch Schwendener später hinzufügt, dass sich durch den Eintritt eines dritten Sparrens, der Diagonalzeile, erheblich kleinere Oscillationen einstellen müssen, so glaubte ich doch, dass selbst Schwankungen um einige Grade bei der genügenden Vorsicht zu ermitteln sein dürften. In welcher Weise durch das Eintreten des dritten Sparrens die Winkel der Schwingungen verkleinert werden, welche Amplituden dann also auftreten, hat Schwendener nicht angegeben.

Vorbereitende Beobachtungen an austreibenden Nadelhölzern reichen schon bis zum Frühjahr 1892 zurück. Ich begnügte mich damals damit, ein oberes Blatt an dem eben austreibenden Knospenkegel zu markieren. Die Richtung gegen den Horizont bestimmte ich durch in die Erde gesteckte Stäbe. Ich bezifferte die Objecte und Stäbe, beobachtete von Tag zu Tag und trug die genauen Aufnahmen in ein Journal ein. Namentlich richtete ich auch mein Augenmerk auf die hin- und hergehenden Oscillationen. Aus diesen immerhin rohen Beobachtungen erhielt ich keine Bestätigung der Schwendener'schen Angaben. So viel ging aber aus denselben mit Sicherheit hervor, dass die weitgehenden Oscillationen von 230° an sehr grossen Terminaltrieben nicht stattfanden, denn ich hätte doch dann den Baum in ziemlich bedeutendem Umfange umkreisen müssen, um mein gezeichnetes Blatt wieder aufzufinden. Die Blätter blieben immer zum mindesten an derselben Seite stehen.

Im nächsten Jahre markierte ich nach Beginn des Austriebes zwei etwa in einer senkrechten Linie liegende Blätter; das eine an der Spitze des Zweiges, das andere an der Basis gelegen, um durch die Abweichung von der Geraden in der definitiven Lage ein bestimmtes Maass der Verschiebung aus der ursprünglichen Lage zu finden; aber auch auf diesem Wege konnte ich nicht die Ueberzeugung gewinnen, dass eine Lageveränderung stattgefunden hatte.

Nach diesem präperativen Theil meiner Untersuchungen fasste ich die Frage im Frühjahr 1894 in einer methodischen Form an. Da die im freien Lande cultivierten Pflanzen zufälliger Weise ungeeignete Grössen- oder Aufstellungsverhältnisse hatten, benützte ich der bequemeren Handhabung willen einige in Töpfe gepflanzte Stücke von *Pinus longifolia*, welche anf dem Rasenstück bei den Coniferen im Königlichen botanischen Garten zu Berlin aufgestellt waren. Der letzte Jahrestrieb hatte eine durchschnittliche Länge von 6 cm, welche mir zur Feststellung einer Verschiebung beträchtlich genug dünkte.

In dem Augenblick, da sich die unteren Deckblätter der zweinadligen Brachyblasten öffneten, schnitt ich an 3 Stöcken die Spitze eines Nadelpaares, welches der Spitze der Terminalknospe zunächst gelegen war, sorgfältig ab, indem ich darauf bedacht war, die Knospe

so wenig wie möglich zu stören. Es zeigte sich später, dass die fernere Entwicklung des Brachyblasten ebenso wie die des Triebes keine weitere Einbusse durch den kleinen operativen Eingriff erfahren hatte. Nun visierte ich das gekennzeichnete Nadelpaar und zwei dünne Stäbe auf der Rasenfläche in eine Ebene ein. Die letzteren standen auf den entgegengesetzten Seiten des Topfes. Der eine war nur 15 cm von dem gezeichneten Nadelpaare entfernt, der andere stand 3 m von ihm ab. Eine Störung der Versuche und dadurch herbeigeführte Beeinträchtigung der Resultate war ausgeschlossen. Zur Sicherheit hatte ich aber doch die Lage der verletzten Nadelpaare an dem Rande des Topfes abgelothet.

Die von mir in Anwendung gebrachte Methode zur Bestimmung der Lage der gekennzeichneten Brachyblasten musste schon ein geringe Abweichung aus der Anfangsstellung klar zur Anschauung bringen. Ein Radius von 3 m Länge entspricht einem Kreisumfang von 18,84 m. Auf einen Richtungsunterschied von 1° kommt also eine Bogenlänge von 5,2 cm. Wenn nun schon bei der geringeren Wachsthumszunahme der Axe Schwingungen bis zu einer Amplitude von 230° mit hin- und herpendelnden Phasen nicht zu erwarten waren, so musste sich doch eine Schwankung von wenigen Graden bemerkbar machen, falls der decapitierte Brachyblast in seiner Endstellung wieder mit den beiden Stäben einvisiert wurde.

Ich beobachtete während der ersten Woche, in welcher der Versuch lief, täglich, dann alle 2 Tage und brach denselben nach 3 Wochen ab. Das Resultat war vollkommen negativ; an keiner der 3 Pflanzen von *Pinus longifolia* war eine bemerkbare Verschiebung der gekennzeichneten Brachyblasten gegen die Anfangsstellung eingetreten.

Im Frühjahre 1895 beschloss ich, Beobachtungen in grösserer Ausdehnung an den Freilandconiferen zu machen. Um nun von keinen überraschenden Erfahrungen beeinflusst zu werden, nahm ich schon im März einige Messungen an Topfpflanzen vor. Ich wusste, dass man die im Kalthause überwinternden Nadelhölzer durch die Ueberführung in ein warmes Haus »treiben« kann, und liess deshalb Ende Februar einige Töpfe von *Pinus pinaster*, *P. Laricio* und *Abies Webbiana* mit vollkommen geschlossenen Winterknospen dahin bringen. Hier ging die Temperatur auch während der Nacht nicht unter 13° R. zurück. Ich überzeugte mich, dass die Topfpflanzen gesund und kräftig waren; sie hatten vorjährige Triebe von 10—12 cm Länge gemacht, ein Wachsthum, das zur Vornahme meiner Versuche genügend erschien.

Als die Töpfe in das Warmhaus gestellt wurden, zeigten sie noch keine Andeutung einer erwachenden Vegetation; es verstrichen, während

ich tägliche Messungen der Terminalknospe vornahm, 3 Wochen, bis ich den Beginn der Dehnung an der letzteren nachzuweisen vermochte. Am 20. März wurde es nothwendig, den Töpfen eine feste Stellung für die Einvisierung gemerkter Blätter oder Blattpaare zu geben, denn die Deckblätter der Terminalknospen von *P. pinaster* begannen sich zu lockern. Ich band die Triebe an einen eingesteckten Stab, schnitt von einer der obersten Deckschuppen die Spitze ab und lothete die Stelle an dem Topfrand ab. Auf der anderen Seite visierte ich dieselbe Stelle mit einer 2 m entfernten, eisernen Strebe des Dachgesperres ein. Als das Deckblatt abzufallen drohte, kennzeichnete ich den in der Achsel befindlichen Brachyblasten, indem ich die Spitze des Blattpaares abtrug.

Für *Pinus Laricio* benutzte ich als äussere Visierlinie einen bestimmten Dachsparren. An beiden Pflanzen beobachtete ich die Wachsthumszunahme der Terminalknospe sowie die Lage der gemerkten Organe zuerst täglich, dann in Intervallen von 2—3 Tagen. Trotzdem, dass nach den angestellten Messungen die Längenzunahme des Terminaltriebes über das Doppelte der Knospenlänge betrug, konnte ich doch nach 4 Wochen, als ich den Versuch aufgab, keine Lageveränderungen in den gezeichneten Blattpaaren nachweisen.

Abies Webbiana kam später zum Austrieb. Die Laubknospen dieser Pflanze stellen kurze, an der Spitze abgerundete Kegel dar, welche aussen von einer Hülle dachziegelförmig deckender Schuppen umgeben sind; die Länge beträgt 4 mm. In dieser Umhüllung liegt der smaragdgrüne, nach der Spitze hin sich wenig verjüngende Kegel der Blattaggregation, welcher am Ende etwas abgestutzt ist. Die sich lückenlos berührenden Blattanfänge sind nach den 13er- und 21er-Berühungszeilen angereiht; so ist es wenigstens bei den Seitenzweigen. Ob die Terminalknospe höhere Zeilenziffern trägt, vermag ich nicht zu sagen; ich habe sie nicht untersucht, weil ich die Pflanze nicht so weit schädigen mochte. Die Aufhellung der Thatsache ist für meinen gegenwärtigen Zweck auch bedeutungslos.

Zwischen der braunen äusseren Hülle und dem inneren grünen Kegel der Blätter liegt ein Raum, der mit weissen, dünnhäutigen, geknitterten Phyllomen ausgestopft ist. Die erste Andeutung der neuerwachenden Vegetation giebt sich vor allem dadurch kund, dass sich die Blätter verlängern. Der Raum zwischen Kegel und brauner Umhüllung wird jetzt dicht ausgefüllt; dabei lagern sich die weissen, geknitterten Phyllome prall um den Kegel. Die Blätter verlieren dabei in der Regelmässigkeit ihrer Anordnung; der ganze Complex wird lockerer und nimmt ein starres Ansehen an, sodass die Abzählung der Contactbänder bei den auseinander fahrenden Spitzen der Blätter

schwierig wird. Alle diese Veränderungen vollziehen sich in der Knospe, während diese äusserlich noch ganz unverändert erscheint. Will man also den ersten Anfang des Wachsthums erfassen, so muss man täglich noch scheinbar unveränderte Knospen untersuchen.

Das zweite Stadium der Knospenentfaltung wird dadurch eingeleitet, dass sich die braunen, äusseren Knospenschuppen an der Spitze lockern und dass zwischen ihnen der Blattkegel, eingewickelt in die weissen Phyllome, wie von einem weissen Schleier umhüllt hervortritt. Lockert man jetzt vorsichtig die letzteren, so kann man ein oder das andere Blatt freilegen und durch Abtragen der Spitze markieren. Ich bezeichnete die Lage eines Blattes an einer Seitenknospe mit horizontaler Stellung dadurch, dass ich ein Stück dünnen Drahtes um den Zweig band und einem Ende desselben genau die Richtung des Blattes gab.

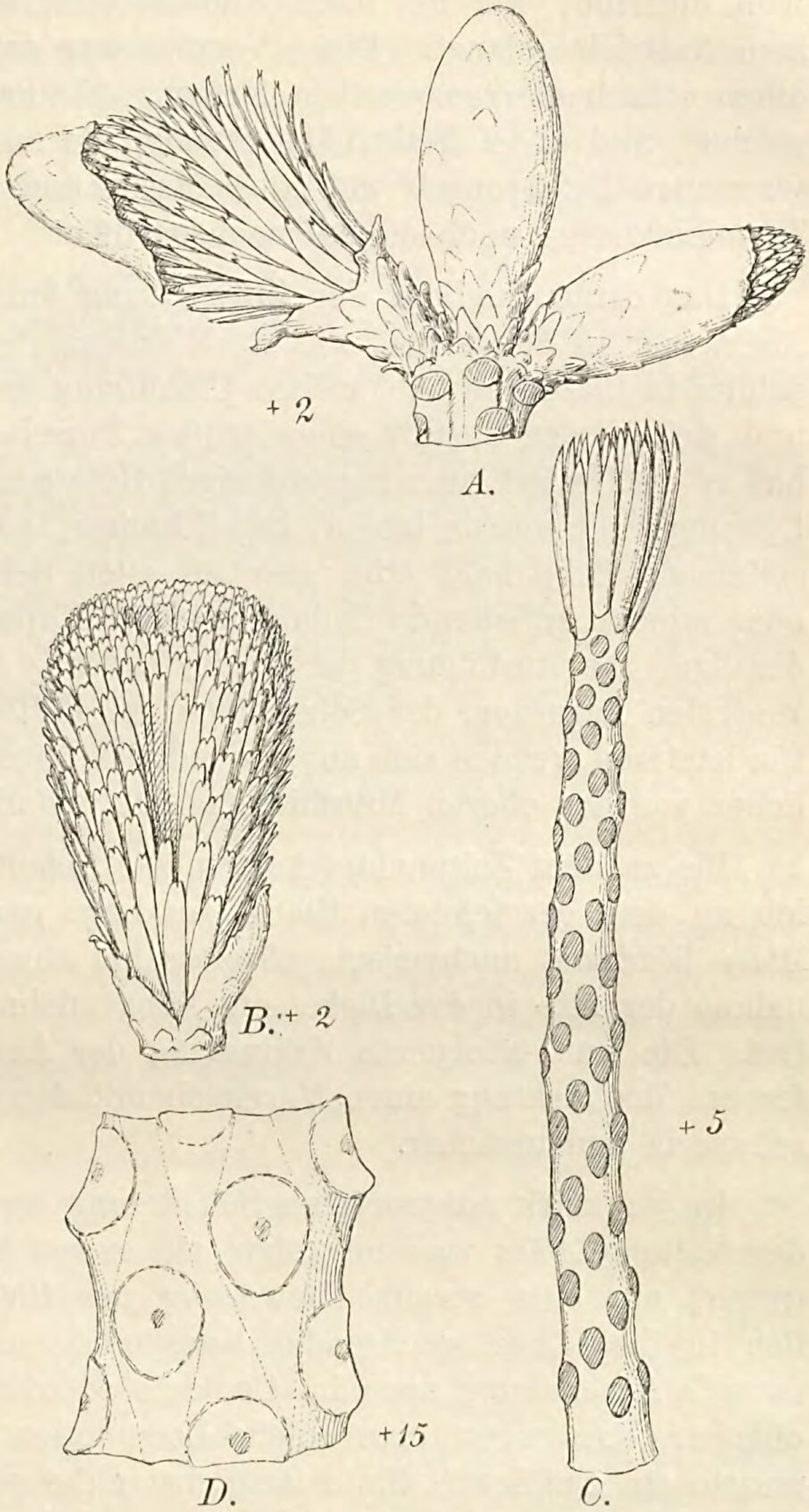


Fig. 2. *Abies Veitchii.*

A. Schleierknospe, links ist der Schleier zerrissen und wird abgeworfen. *B.* Dieselbe Knospe ohne Schleier. *C.* Dieselbe Knospe von den Blättern befreit; der Flankencontact ist aufgehoben. *D.* Ein Stück der Axe derselben Knospe.

Ich habe oben schon gesagt, dass ich die Terminalknospe schonen

wollte; überdies konnte sie vorläufig nicht zur Verwendung kommen, weil dieselbe, wie bei allen Nadelhölzern erst beträchtlich später zum Austrieb gelangt. Diese Verzögerung gewährt dem Beobachter einen sehr bemerkenswerthen Nutzen. Sie kann $1\frac{1}{2}$—3 Wochen erreichen, und er ist deshalb im Stande, die an den Seitenzweigen gewonnenen Erfahrungen mit aller Musse und Bequemlichkeit an der Terminalknospe noch einmal nachzuprüfen.

Das dritte Stadium der Entwicklung von Knospen der Gattung *Abies*, hier in Sonderheit von *A. Webbiana*, tritt ein, wenn der sich dehnende Blattkegel die weisse Umhüllung sprengt, sie durchwächst und sich in der Gestalt eines grünen Pinsels herausschiebt. Zuerst hat er die Gestalt eines regelmässigen Rotationskörpers, eines geraden Cylinders mit mässig langer, kegelförmiger, endlich abgerundeter Zuspitzung. Sehr bald tritt aber an allen Seitenknospen eine mehr oder minder auffallende Krümmung des Körpers nach unten ein, mit der dann die Ausbildung der in der Gattung so regelmässigen dorsiventralen Lagerung, der Scheitelung der Blätter, Hand in Hand geht. Die letzteren wenden sich aus der radialen Lage allmählich immer deutlicher von der oberen Mittellinie rechts und links ab.

Bis zu dem Zeitpunkte, in dem die Scheitelung einsetzte, konnte ich an dem gezeichneten Blatte der Lage nach keine Aenderung an *Abies Webbiana* nachweisen, obschon bei einer äusserst geringen Zunahme der Axe in der Dicke eine Längendehnung bis zu 17 mm eintrat. Die nun erfolgende Krümmung der Axe machte aber für die fernere Beobachtung einen Vergleich mit den früheren Verhältnissen schwierig und unsicher.

In der stark ausgeprägten Scheitelung der Blätter bei den Arten der Gattung *Abies* war mir aber ein neues Mittel an die Hand gegeben, um eine etwaige Bewegung der Blätter an der vornehmlich in die Länge wachsenden Knospe, deren Blätter nach SCHWENDENER's Anschauung noch im Contacte standen, festzustellen. Es ist offenbar, dass wenn eine solche Locomotion wirklich statthatte, so musste ein zur Scheitellinie möglichst nahe gelegenes Blatt über den Scheitel hinweg auf die andere Seite geschoben werden, solange noch Contact und Wachsthum der Axe nachweisbar waren. Ich konnte nun nicht wohl vorausbestimmen, ob die Bewegung in rechts- oder linksläufigem Sinne sich vollziehen würde, da zu diesem Zwecke eine Feststellung der Spiralgänge in den Contactzeilen und somit eine Zerstörung der Knospe geschehen musste. Deswegen markierte ich zwei Blätter, das eine in der noch nicht gescheitelten Knospe rechts, das andere links von der Mittellinie gelegen, auf verschiedene Weise,

indem ich dem einen nur die Spitze abschnitt, während ich von dem zweiten die Hälfte abtrug.

Ich habe an der *Abies Webbiana* und später an vielen Arten der Gattung, die im Freien cultiviert wurden, diese Versuche noch mannigfach modificiert, indem ich mehrere Blätter an der rechten Seite der Scheitellinie an gewissen Knospen und mehrere andere an der linken Seite der Scheitellinie einer anderen Knospe merkte; der Erfolg war aber stets der gleiche: ich habe nicht ein einziges Mal gesehen, dass ein Blatt die nur sehr wenige Grade betragende Wanderung über den Scheitel von der einen auf die andere Seite vollzog.

Wenn ich bis jetzt hauptsächlich mit *Abies*-Knospen operiert hatte, welche die Umhüllung des Schleiers schon gesprengt hatten, so sagte ich mir nun, dass vielleicht schon früher innerhalb des Schleiers eine Lageveränderung stattgefunden haben könnte. Da aber der Blattkegel die weisse Hülle ganz prall ausfüllte, so musste eine derartige Veränderung auch drehend auf die weisse Umhüllung einwirken. Um nun festzusetzen, ob eine Veränderung, die sich an der Oberfläche des weissen Hüllsackes in der Form einer Torsion äussern musste, stattfände, brachte ich auf dem weissen Knospenkegel 3 Tuschepunkte an, die mit Hülfe eines Lineals geradlinig aufgetragen wurden. Nach und nach wuchs bei *Abies Veitchii*, die ich zunächst in Exemplaren des freien Landes im Monat Mai benutzte, der Kegel von 10 mm auf 18 mm an. Während dieser Längenzunahme war auch nicht die allergeringste Bewegung der auf der weissen Hülle aussen aufgetragenen Punkte zu constatieren. Die enge Berührung, welche zwischen dem Blattkegel und dem Hüllschlauch der Knospe bestand, garantierte mir, dass sich der erstere in keiner Weise bezüglich der Blattlagerung geändert haben konnte. *Abies brachyphylla* ist deswegen noch mehr geeignet zu dem Versuche, weil der Knospenkegel in der Umhüllung, selbst an Lateralknospen bis zu 22 mm an Länge zunimmt. Auch bei dieser Pflanze schloss die Beobachtung mit demselben Resultat ab: eine Verschiebung der Punkte aus der geraden Linie in der medianen oberen Mantelfläche war nicht nachweisbar.

Ich habe dann endlich Blätter nahe der Mittellinie markiert, während sie noch in dem Schleier der Knospe eingehüllt waren, von denen ich hinreichend sicher festgestellt hatte, dass sie sich noch nicht bewegen konnten. Ich vollzog die Kennzeichnung einfach dadurch, dass ich die Schleierknospe mit einer Nadel durchstach. Wenn ich dann, nach dem Austreiben, die durchlöcherten Blätter aufsuchte, so lagen sie stets an derselben Seite der Mittellinie, auf der sie sich

anfänglich befunden hatten. Aus diesen Versuchen an den Knospen der Gattung *Abies* geht meinem Ermessen nach vollkommen unwiderleglich hervor, dass die Blätter jene von SCHWENDENER festgesetzten Schwingungen auch mit sehr geringen Amplituden unbedingt nicht vollziehen.

Nachdem ich nun diese Reihe von Beobachtungen angestellt hatte, ging ich zu einer anderen Vornahme über, um mit möglichster Genauigkeit an senkrecht gestellten, also terminalen Trieben, Verschiebungen von Blättern zu constatieren. Ich verwandte zu diesem Zwecke im Jahre 1895 Pflanzen aus den drei Gattungen *Pinus*, *Picea* und *Abies*, welche im Freien cultiviert wurden. Von der ersteren wählte ich *Pinus montana*, die in grosser Anzahl auf der alpinen Anlage des Königlichen botanischen Gartens gezüchtet wird. Als Tegmente für die Knospen derselben dienen die Deckblätter der Brachyblasten, welche, ohne festeren Zusammenhang untereinander, bei der eintretenden Wachsthumserneuerung aufgelockert werden und endlich abfallen. Die lockere Aneinanderreihung der Knospen gestattet, dass man einen apicalständigen Brachyblasten bequem kennzeichnen kann. Dieses gemerkte Organpaar lothete ich nun auf die unter der Knospe befindliche Axe mit Hülfe eines dünnen, am Ende genügend beschwerten Seidenfadens ab und bezeichnete die Stelle durch eine eingesteckte, dünne Insektennadel. Mit Hülfe von angehangenen Holzschildern, welche die Nummer des Versuches und das Datum trugen, konnte ich bequem die 25 Versuche an *Pinus montana*, welche ich vornahm, controllieren. Nachdem sich die Axen von der Anfangsgrösse der Knospe, welche durchschnittlich kaum 1 cm betrug, bis auf 20, ja selbst 25 cm verlängert hatten, war ich nicht im Stande, einen Richtungsunterschied zwischen dem gemerkten Blatte und der eingesteckten Nadel durch Ablothen nachweisen.

Als Versuchsobjekt aus der Gattung *Picea* verwandte ich hauptsächlich *P. pungens*. Bei dieser Gattung sind die Knospenschuppen wieder sehr innig miteinander verbunden; sie bilden aber keinen weissen Schleier, wie bei *Abies*, sondern stellen nur einen einfachen Hüllkegel dar. Ich will noch darauf hinweisen, dass diese Knospenschuppen in der Gattung *Picea* und *Abies* die Blätter nicht bis zur Spitze der Knospe begleiten, wie das bei den Deckblättern von *Pinus* der Fall ist. Sie bilden vielmehr unterhalb der Laubblätter eine besondere Formation von Niederblättern. Die Spitzen dieser Schuppen sind an *Picea pungens* frei und sehr hygroskopisch. Bei nassem Wetter legen sie sich an den Kegel an, bei trocknem wenden sie sich sparrig nach auswärts. Eine Zeit lang folgt die braune Hülle der

Dehnung des Blattkegels, dann reisst sie unten umschnitten auf und sitzt in der Form einer Kappe oben auf, um schliesslich abgeworfen zu werden.

Die Terminaltriebe von *Picea pungens* und die von *Abies pinsapo*, *A. Veitchii*, *A. alba* und *A. brachyphylla* habe ich dann während des Frühjahrs 1895 in ganz derselben Weise untersucht, wie die der *P. montana* und zwar mit dem gleichen negativen Resultate bezüglich der Locomotion eines gemerkten Blattes zu einem an der Axe festgelegten Punkte. Die zuletzt erwähnte Pflanze ist deswegen sehr bemerkenswerth, weil sie einen ganz ausserordentlich langen Terminaltrieb macht, der mit mehr als 200 Blättern besetzt ist. In den Achseln derselben werden schon früh zahlreiche Seitensprosse angelegt; die Folge der Anlage macht sich durch die Thatsache bemerkbar, dass die sinnfälligen Schrägzeilen, welche bei den übrigen Arten ausserordentlich regelmässig sind, häufig die weitgehendsten Störungen erfahren.

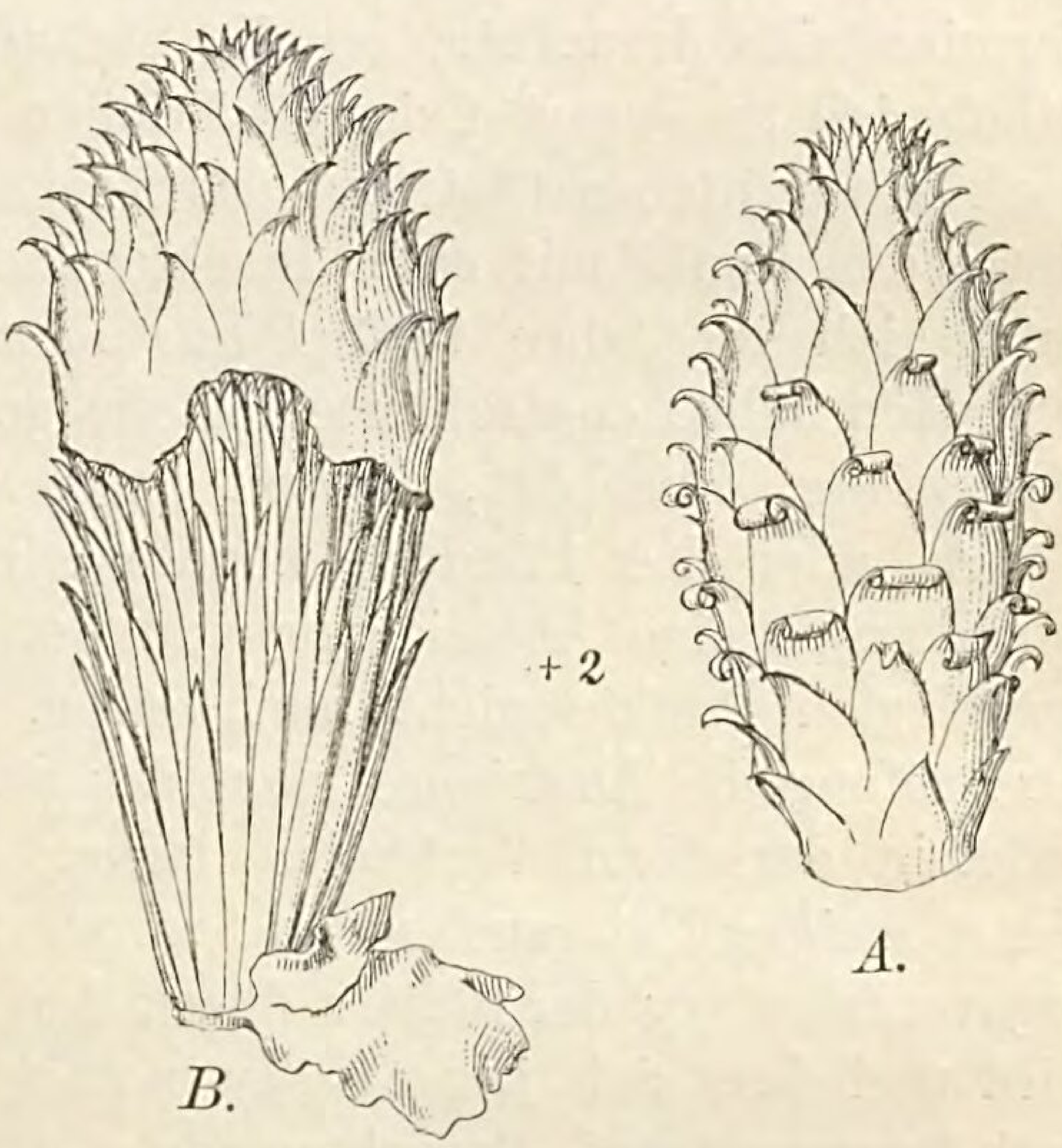


Fig. 3. *Picea pungens*.
A. Knospe, noch geschlossen. *B.* Dieselbe, bei der die Hülle abgeworfen wird.

Aber auch mit den zahlreichen Ablothungen gezeichneter Blätter auf die Axe habe ich mich endlich noch nicht begnügt. Für die mechanische Blattstellungstheorie war der Nachweis der Verschiebungen von so fundamentaler Bedeutung, dass ich mich zuletzt zur Anwendung eines physikalischen Messapparates entschloss.

Im Frühjahre 1896 habe ich nur einige wenige Controllversuche gemacht; ich war einerseits mit anderen Arbeiten sehr beschäftigt und wollte andererseits die ganze Untersuchung einmal längere Zeit ruhen lassen. Ehe aber der Trieb der Nadelhölzer 1897 einsetzte, erbat ich mir von Herrn. Geh. R. Helmert, dem Director des geodaetischen Institutes, ein passendes Instrument, um meine Beobachtungen durch genaue Messungen zu prüfen. Er empfahl mir zu diesem Behufe ein einfaches Lothinstrument. Dasselbe besteht im wesentlichen nur aus einem Fernrohr, dass mit der Axe abhebbar auf einem Lager

ruht. Ueber dem Fernrohr kann eine Wasserwage aufgestellt werden. Das Fernrohr hat im Innern ein Fadenkreuz und kann nur in der senkrechten Richtung bewegt werden. Der kleine Apparat wird dreifüssig auf ein Stativ gestellt und durch Bewegung der Schrauben, welche die Füsse des Apparates darstellen, mit Hülfe der Wasserwage genau in die Horizontale gebracht.

Ich stellte nun einen Zweig mittelst des von mir sonst angewendeten Lothes in genau senkrechte Stellung oder prüfte einen Terminaltrieb daraufhin, ob die Stellung genau vertikal war. Dann lothete ich an derart fixierten Trieben ein im Fadenkreuz liegendes, stark beschnittenes Blatt auf das vorjährige Axenstück ab und markierte den Punkt mit einer Insektennadel. Als Versuchspflanzen benutzte ich im Jahre 1897 *Pinus montana* und *Picea pungens*; im folgenden Jahre controllierte ich die gewonnenen Erfahrungen an *P. Massoniana*, einer Art, die mit jener Art der Gattung verwandt ist.

An allen drei Pflanzen konnte ich nach dem Austrieb der Terminalknospe eine Abweichung von der senkrechten Lage der beiden festgelegten Punkte nicht nachweisen. Stets fand ich vielmehr bei der Prüfung des Austriebes, dass das gemerkte Blatt und die Insektennadel in derselben Vertikalen lagen. Mit Nothwendigkeit geht aus diesen meinen Untersuchungen hervor, dass an den Nadelhölzern eine Lageveränderung der Blätter durch den Austrieb nicht hervorgebracht wird und dass sich jene Schwingungen der Endblätter, welche nach SCHWENDENER's Berechnungen stattfinden sollen, an den natürlichen Objecten nicht nachweisen lassen.

Bezüglich der Verhältnisse an Zweigen mit definitiven Stellungen der Blätter von *Abies pinsapo* erschien es mir von Werth, einmal eine grössere Zahl von Endzweigen und zwei- bis mehrjährigen Zweigmittelstücken zu prüfen, die alle einem grösseren Aste entnommen waren. Ich hielt eine solche Untersuchung für nicht ganz werthlos, weil genaue Festsetzungen über die Variationen an entwickelten Axen ebenfalls bis heute nicht vorliegen. Gröbere Verhältnisse sind zwar von Fichtenzapfen her bekannt; da weiss man, dass verschiedene Divergenzen neben denen der gewöhnlichen Disposition der Hauptreihe gelegentlich auftreten. Ich wollte aber untersuchen, wie weit die Genauigkeit der Uebereinstimmung in solchen Stellungsverhältnissen geht, die man gewöhnlich nach der Schätzung mittelst des Augenmaasses für identisch erklärt. Das Ablesen mit dem Auge verbürgt keine genauen Resultate, wie ich schon früher gezeigt habe; die Ergebnisse bleiben immer »nur so von ungefähr«.

Zur Ausführung der Messungen bediente ich mich des von mir construierten Gonioskops, welches der Mechaniker R. SCHADE in Berlin äusserst sorgfältig ausgeführt hat. Ich habe den Apparat genau beschrieben* und kann mich deswegen ganz kurz fassen. Er besteht aus einem getheilten Kreise, der im Centrum einen Ausschnitt trägt. In diesem bewegt sich eine Hülse mit doppelter Bewegung, welche den zu prüfenden Körper aufnimmt. Durch die doppelte Bewegung kann der Körper genau centrisch aufgestellt werden. Als Führung um die Centrierung herzustellen, den Körper, wie der Mechaniker sagt »auszurichten«, dient eine Nadel, welche an einem Stabe auf- und niedergeschoben werden kann. Diese Stange bewegt sich an der Peripherie des getheilten Kreises. Sie wird mit der Nadel um den zu untersuchenden Körper herumgeleitet. Der letztere ist ausgerichtet, sobald die Nadel um ihn herumgeführt, stets in gleichem Abstande von ihm bleibt.

Der Körper wird zuerst von der Basis ausgerichtet, dann nimmt man denselben Process am oberen Ende vor und hält ihn mittelst einer Klemmvorrichtung fest, die an einer zweiten, festen Stange auf- und abgleitet und durch eine Schraube festgestellt werden kann. Der mit Hülfe des Gonioskops zu prüfende Körper muss möglichst gerade sein; es bedarf also zu Messungen, welche um seinen ganzen Umfang sich erstrecken, einer sehr sorgfältigen Auswahl. Das Ausrichten ist zudem eine Vornahme, welche im Anfange erhebliche Schwierigkeiten macht. Um nun möglichst viele Objecte prüfen zu können, habe ich davon Abstand genommen, die Messungen rings um die Zweigchen auszuführen, und habe mir die Sache dadurch erleichtert, dass ich nur eine ganz schmale Zone auf einer Seite in Rücksicht nahm. Ich überzeugte mich, dass an den vollentwickelten Zweigen Annäherungen an die $^8/_{21}$ Stellungen fast durchgehends vorlagen. Als Maass der Constanz konnte ich dieses Verhältniss benutzen, indem ich festsetzte, um wieviel Winkelgrade gewisse Glieder der 21er-Zeile von der Orthostiche durch ein beliebig festgesetztes f^0 abwichen.

Zu diesem Zwecke war zunächst nothwendig, einen bestimmten Fixpunkt zu wählen. Die Abbruchsnarben der Blätter an *Abies pinsapo* stellen etwa Ellipsen dar, deren lange Axe nicht zu sehr von der kurzen in der Grösse verschieden ist; dabei ist aber die eine der beiden durch die lange Axe erzeugten Hälften flacher gewölbt als die andere. Für genaue Messungen ist diese Fläche viel zu gross; man findet auf ihr aber einen genügend kleinen Punkt in der Austrittsstelle der Blattspur, der sich als brauchbar erwies.

* K. SCHUMANN, Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft XI. 249.

Die Nadelspitze, welche zum Ausrichten benutzt wird, dient auch als Zeiger für die Einstellung auf die Fixpunkte. Indem ich dieselbe auf den zweiten Fixpunkt mit Hülfe der Stange überführe, kann ich an dem getheilten Kreise den Weg ablesen, den sie beschrieben hat, und erhalte unmittelbar die Winkelgrösse in Graden ausgedrückt; Fünftelgrade können noch mit Sicherheit geschätzt werden. Die Nadelspitze allein erwies sich noch als zu wenig scharf für die genaue Einstellung auf die Fixpunkte. Deswegen setzte ich auf die Nadel ein Linsensystem, in dessen Brennpunkt die Nadelspitze lag. Indem ich an der Führungsstange der Nadel vorbei durch die Loupe blickte, erhielt das Auge eine bestimmte Visierlinie, welche nun die Stetigkeit der Sichtung garantierte.

Die Punkte der 21er-Zeile waren leicht festzusetzen. An fast allen Zweigen und Zweigmittelstücken sind die 3er- und 5er-Zeilen die sinnfälligsten Schrägzeilen. Ich ging von einem beliebigen f^0 aus und erhielt f^8 in der Diagonale zwischen den nächsten Punkten der beiden Parastichen; von hier ist das nächste Blatt auf der 5er-Zeile f^{13}; nach dem vorhin eingeschlagenen Wege gelange ich unmittelbar zu f^{21}. In gleicher Weise werden f^{42}, f^{63}, f^{84}, f^{105}, f^{126} festgesetzt. Als Endpunkt wählte ich einen Punkt der 21er-Zeile, welcher weit genug von den gedrängteren Blättern in der Nähe des Zweigendes entfernt war.

In der beifolgenden Tabelle habe ich zunächst neben der laufenden Nummer den Character des Beobachtungsstückes mitgetheilt. In der zweiten und dritten Zeile sind Länge und Durchmesser angegeben. Die vierte und fünfte Rubrik berichtet über den Verlauf der sinnfälligen Schrägzeilen in den Abbruchsnarben; ich fand mit einer Ausnahme als solche die 3er- und 5er-Zeilen. In der sechsten Reihe ist das mittlere Durchschnittsmaass der Abweichung von f^{21} von der Orthostiche durch f^0 angegeben. Die letzte Rubrik endlich theilt mit, aus wieviel Touren dieser Durchschnitt berechnet wurde.

Die Tabelle giebt zunächst darüber Aufschluss, dass sich unter 39 Zweigen oder Zweigmittelstücken mit Parastichen nach den 3er- und 5er-Zeilen 21 solche befinden, bei welchen die 3er-Zeilen links, 18 solche, bei denen sie rechts aufsteigen; die 5er-Zeile ist entsprechend umgekehrt gewendet. Da ich einen einzigen Ast zu dieser Prüfung verwandte, so möchte ich wohl glauben, dass bei der regelmässigen Gabelung desselben die rechts bez. links fallenden Zweige stets einen regelmässigen Gang der Wendung einhalten. Eine genaue Untersuchung dieser Frage erscheint geboten.

Aus den Zahlen geht hervor, dass die Vorstellung, als herrschten in den Blattstellungsverhältnissen Divergenzen, welche genau durch den

Bruch $^{8}/_{21}$ wiedergegeben, irrthümlich ist. Stets liegen nur Annäherungswerthe zu dieser Divergenz vor; wenn sich Stellungen, wie in einem Falle, bis auf eine Differenz von 1,4° oder wenn sie sich noch mehr der $^{8}/_{21}$ Divergenz nähern, so ist das ein reiner Zufall. Auf der anderen Seite finden sich Abweichungen bis zu 11,4° zwischen f^{21} und der Orthostiche von f^{0}. Die letzterwähnte Stellung fällt in ihren Divergenzwinkeln fast mit der $^{13}/_{34}$ zusammen; während der Divergenzwinkel der $^{8}/_{21}$ Stellung ungefähr 137,1° beträgt, wächst derselbe durch die Vertheilung von 11,4° auf 21 Blätter bis 137,6, welcher demjenigen der $^{13}/_{34}$ Stellung sehr nahe kommt. Beträgt die Abweichung 4,2°, so wird aus der $^{8}/_{21}$ Stellung die $^{21}/_{54}$ Stellung, welcher ein Divergenzwinkel von 137,3° zukommt. Ich habe zwar diese Abweichung nicht direct beobachtet, aber es liegt kein Grund vor, dass sie an weiterem Material zur Wahrnehmung kommt. Wir sehen also, dass die Variation der Endstellungen an den Zweigenden und mittleren Zweigstücken von *Abies pinsapo* ebenfalls sehr gross ist.

Tabelle zum Nachweis der Veränderlichkeit in der Blattstellung bei Abies pinsapo.

Nr.	Charakter des Zweiggliedes	Länge in cm	Durchmesser in mm	3er-Zeile	5er-Zeile	Abweichung von f^{21}	Zahl der Touren
1.	Kräftiger einjähr. Endtrieb mit 4 Knospen	11,5	3,5	r	l	7°	9
2.	Mittelkräftiger Endtrieb . . .	9	3	r	l	5,9°	7
3.	Ziemlich kräftiger Endtrieb .	10	3	r	l	6,6°	8
4.	Zweijähriger, ziemlich kräftiger Trieb	10	4	r	l	11°	7
5.	Zweijähriger kräftiger Trieb .	11,5	4,5	r	l	9°	10
6.	Mittlerer einjähriger Trieb . .	7	2,2	r	l	6,6°	5
7.	Sehr kleiner Endtrieb mit verkümmerter Knospe	5,5	2	r	l	10°	3
8.	Sehr kleiner Endtrieb mit Einzelknospe	5,4	1,8	r	l	2,8°	5
9.	Mässig kräftiger Endtrieb mit 2 Knospen	8	2,5	r	l	1,4°	7
10.	Sehr langer dreijähriger Trieb mit 3 Zweigen	16	5,8	l	r	9°	5
11.	Mittelstarker Endtrieb mit 3 Knospen	9,5	2,3	r	l	6,6°	6
12.	Einjähriger mittlerer Trieb . .	7,5	2,2	$\frac{\text{2er}}{r}$	$\frac{\text{3er}}{l}$	6,4°	5
13.	Zweijähriger mittlerer Trieb .	9,2	3,5	$\frac{\text{3er}}{l}$	$\frac{\text{5er}}{r}$	7,2°	8

Nr.	Charakter des Zweiggliedes	Länge in cm	Durchmesser in mm	3er-Zeile	5er-Zeile	Abweichung von f^{21}	Zahl der Touren
14.	Einjähriger, sehr kräftiger Trieb mit 4 Endknospen. .	13,5	4	*l*	*r*	6,3°	11
15.	Einjähriger mittlerer Trieb .	11,2	3	*l*	*r*	6,6°	9
16.	Ebenso mit 3 Endknospen. .	12	3	*l*	*r*	9°	10
17.	Ebenso mit 2 Endknospen. .	11,1	2,5	*l*	*r*	8°	10
18.	Zweijähriger Trieb	11	5	*l*	*r*	6,3°	11
19.	Zweijähriger mittlerer Trieb .	9,5	3,5	*l*	*r*	11,1°	8
20.	Zweijähriger mässiger Trieb.	7,5	2,8	*l*	*r*	11°	7
21.	Einjähriger kräftiger Trieb mit 3 Endknospen	11	3,5	*r*	*l*	2,2°	5
22.	Einjähriger, ziemlich kräftiger Trieb mit 3 Endknospen. .	10,5	2,8	*l*	*r*	7,5°	8
23.	Einjähriger schwächlicher Trieb mit 1 Endknospe . .	8,8	2,2	*l*	*r*	3,0°	7
24.	Ebenso	7,3	2	*r*	*l*	5,0°	6
25.	Ebenso mit verkümmerter Endknospe	6,5	1,7	*r*	*l*	2,3°	5
26	Ziemlich kräftiger Endtrieb mit 4 Endknospen	10,4	3,5	*r*	*l*	10,6°	5
27.	Kräftiger Endtrieb mit 4 Knosp.	11,8	3,1	*l*	*r*	11,4°	5
28.	Zweijähriger kräftiger Trieb .	9,8	4	*l*	*r*	10°	9
29.	Mässiger Jahrestrieb mit 1 Endknospe	?	?	*l*	*r*	5,7°	7
30.	Kräftiger Endtrieb mit 3 Knosp.	8,5	3	*l*	*r*	9,4°	8
31.	Mässiger Seitentrieb mit 2 Kn.	7	2	*l*	*r*	4,3°	7
32.	Zweijähr. Trieb mit 3 Zweigen	9	3	*l*	*r*	10,7°	7
33.	Einjähr. Trieb mit 3 Knospen.	9	2,5	*l*	*r*	2,7°	8
34.	Einjähr. schwächlicher Trieb mit 2 Knospen	7,5	2,3	*l*	*r*	2°	6
35.	Ebenso mit 1 Knospe	7,5	2	*l*	*r*	1,5°	5
36.	Zweijähr. Trieb mit 3 Aesten .	10	4	*r*	*l*	10°	9
37.	Mässig starker Endtrieb mit 3 Knospen	9	2,6	*r*	*l*	7,1°	7
38.	Ebenso	9,5	3	*r*	*l*	10°	8
39.	Ebenso	9,5	2,8	*r*	*l*	8,7°	8
40.	Schwächlicher Endtrieb mit 1 Knospe	6,3	2,7	*l*	*r*	9,4°	7

B. Untersuchungen an Compositenköpfchen.

Wenn für die Untersuchungen an Nadelholztrieben der Gedanke maassgebend war, die etwaigen Veränderungen in den Blattstellungen festzusetzen, welche an vornehmlich in die Länge wachsenden Sprossen statthaben, so sollten die Sonnenrosenköpfchen dazu dienen, die »Ver-

schiebungen« an Organsystemen nachzuweisen, die sich vornehmlich in die Breite ausdehnen. Ich habe dann später auch noch solche Compositenköpfchen untersucht, bei denen das Wachsthum in der Länge vorherrschend ist.

Was nun die Thatsache selbst anbetrifft, ob die Köpfchen der Sonnenrose wirklich den Anforderungen entsprechen, dass sie ein überwiegendes Wachsthum in die Breite auszeichnet, so liegen bestimmte Maassangaben nicht vor. SCHWENDENER hat aber offenbar an diesem Gedanken festgehalten, da er selbst sagt: »Wenn z. B. die Randblüthen der Sonnenrose* ursprünglich in rechtwinklig gekreuzten 21er- und 34er-Zeilen, später aber in schiefwinkligen 34er- und 55er-Zeilen angeordnet sind, so steht damit eine Divergenzänderung und zugleich eine kleine Formänderung der Organe im Zusammenhange.«

Diese Ermittelung SCHWENDENER's beruht auf einem Vergleich von jüngeren Zuständen der Köpfchen mit älteren. Ein solcher Vergleich kann nur dann einen Anspruch auf Richtigkeit erheben, wenn in beiden Zuständen Constanz bezüglich der Zeilenzahlen herrscht; ist diese regelmässige Wiederkehr nicht vorhanden, dann ist offenbar die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass SCHWENDENER getäuscht wurde, indem er als entwickeltes Köpfchen ein solches untersuchte, das im Jugendstadium schon dieselben Reihen, also in dem vorliegenden Falle die 34er- und 55er-Zeilen aufwies.

Ich habe zu diesem Zwecke im Sommer 1897, nachdem ich schon 2 Jahre lang die Untersuchungen an Compositenköpfchen vorgenommen hatte, eine Reihe von Aufnahmen jüngster Zustände gemacht, welche hier geordnet nach den Ausmessungen des Köpfchen-Durchmessers folgen:

1) 1,7 mm im Querschnitt, Blüthen sind noch nicht vorhanden.
2) 2,5 mm im Querschnitt, 4—5 Reihen von Blüthenprimordien, nach den 55er- und 89er-Zeilen.
3) 3,5 mm im Querschnitt, bis zur Mitte mit Blüthen besetzt, nach den 21er- und 34er-Zeilen.
4) 4 mm im Querschnitt, bis zur Mitte mit Blüthen besetzt, nach den 21er- und 34-Zeilen.
5) 4 mm im Querschnitt, innere Blüthen in der ersten Anlage, nach den 34er- und 55er-Zeilen.
6) 4 mm im Querschnitt, nur am Rande junge Anlagen, nach den 55er- und 89er-Zeilen.

* SCHWENDENER in Sitzungsberichten der K. Akademie der Wissenschaften, Berlin 1895, p. 653. Für »Randblüthen« muss wohl »randliche Scheibenblüthen« gelesen werden.

7—10) 5 mm im Querschnitt, bis zur Mitte mit Anlagen besetzt, nach den 34er- und 55er-Zeilen.

11—14) 5 mm im Querschnitt, bis zur Hälfte des Randes mit Anlagen besetzt, nach den 55-er und 89er-Zeilen.

15) 6,7 mm im Querschnitt, vollkommen mit schon geschlossenen Blüthen besetzt, nach den 34er- und 55er-Zeilen.

16) 10 mm im Querschnitt, völlig mit Blüthen besetzt, nach den 34er- und 55er-Zeilen.

17) 10 mm im Querschnitt, im Centrum ein Raum von 0,8 mm, frei von Blüthen, die äusseren nach den 55er- und 89er-Zeilen.

18) 13,5 mm im Querschnitt, im Centrum ein Raum von $^1/_3$ des Durchmessers frei von Blüthen, die äusseren nach den 89er- und 144er-Zeilen.

19) 14,5 mm im Durchmesser, vollkommen mit Blüthen besetzt, nach den 55er- und 89er-Zeilen.

20) 15 mm im Durchmesser, vollkommen mit Blüthen besetzt, nach den 55er- und 89er-Zeilen.

21) 19 mm im Durchmesser, vollkommen mit Blüthen besetzt, nach den 34er- und 55er-Zeilen.

22) 19 mm im Durchmesser, vollkommen mit Blüthen besetzt, nach den 55er- und 89er-Zeilen.

23) 32 mm im Durchmesser, vollkommen mit Blüthen besetzt, nach den 55er- und 89er-Zeilen.

24) 40 mm im Durchmesser, vollkommen mit Blüthen besetzt, nach den 55er- und 89er-Zeilen.

Meine Aufnahmen von voll entwickelten Köpfchen habe ich nicht nöthig mitzutheilen, da mittlerweile WEISSE* ein sehr umfangreiches Material gesammelt hat; er fand, wenn ich die Fälle mit 3 Contactreihen zu denen nach den niedrigsten gepaarten Zeilen stelle, an 141 Köpfchen folgende Zeilenzahlen:

8er und 13er 1 mal, 13er und 21er 29 mal, 21er und 34er 31 mal, 34er und 55er 50 mal, 55er und 89er 21 mal, 89er und 144er 1 mal; 8 Zeilenreihen ergaben von der Hauptreihe abweichende Ziffern.

Vergleichen wir nun diese beiden Aufnahmen, die meinigen an ganz jungen, selbst in den letzten Nummern noch lange nicht blühbaren Köpfchen und diejenigen WEISSE's von Köpfchen in der Vollblüthe, so bemerken wir, dass ausser den von mir nicht beobachteten Reihenzahlen 8 und 13 und 13 und 21 alle anderen Verhältnisse in beiden auftreten. Ich fand die niedrigen Zahlen offenbar deswegen nicht, weil ich nur im freien Lande wachsende Exemplare unter-

* WEISSE in Pringsheim's Jahrbüchern. XXX, 474.

suchte, während Weisse seine niedrig bezifferten Reihen hauptsächlich an kümmerlich gewachsenen Hungerexemplaren constatierte, die er mit der Absicht, recht magere Pflanzen zu erhalten, in Töpfen gezogen hatte. Zur Evidenz geht aus den Variationen hervor, dass der Vergleich der Zeilenziffern an zwei herausgegriffenen Exemplaren ein Vertrauen in die Beweisführung Schwendener's für die Zeilenveränderungen nicht zu erbringen vermag. Er kann als Belegexemplar der Ausgangsstellung eine schwächlichere Pflanze vor sich gehabt haben, wie ich sie unter den im Freiland gezogenen 24 Exemplaren nur zweimal ergriff, und als Belegexemplar der Endstellung eine Pflanze mittlerer Stärke, die Weisse unter 130 Pflanzen mit Ziffern aus der Hauptreihe 50 mal, ich unter 24 Freilandpflanzen 9 mal traf.

Weisse hat schlagend nachgewiesen, dass die Zahl der Zungenblüthen an den Sonnenrosenköpfchen von den Ernährungsverhältnissen abhängig ist; wenn er dies auch nicht ausdrücklich bemerkt, so geht doch aus seiner Tabelle hervor, dass die Zeilenzahlen der Scheibenblüthen unter demselben Abhängigkeitsverhältnisse stehen. Ich kann nach dieser Richtung noch einen Schritt weiter gehen. Um zu ermitteln, welches wohl die ursprünglichen Anreihungen der Scheibenblüthen des Sonnenrosenköpfchens gewesen sein mögen, untersuchte ich die Blüthenstände der zunächst verwandten Arten. Ich benutzte zu diesem Behufe *Helianthus debilis* Torr. et Gr. var. *cucumerifolia*, gewöhnlich unter dem Namen *Hel. cucumerifolius* cultiviert, *Hel. multiflorus*, *Hel. lactiflorus* Pers. und *Hel. atroruber*, die in dem botanischen Garten von Berlin cultiviert werden. Bei allen erhielt ich an jüngsten Köpfchen, an denen die Blüthen noch nicht voll entwickelt waren, ebenso wie an solchen direct vor der Anthese und nach derselben als Zeilenzahlen von der grössten Regelmässigkeit die 13er und 21er. Als ich in dem Herbarium von Berlin nach Exemplaren der gewöhnlichen Sonnenrose suchte, welche vielleicht den wilden Pflanzen am nächsten kommen würden, fand ich unter den Pflanzen, die in Mexiko, der ursprünglichen Heimath der Sonnenrose, wild oder verwildert gesammelt worden waren, ein Stück, das die gleichen Relationen aufwies. Ich glaube daher, ich darf mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die 13er- und 21er-Zeilen den wilden Sonnenrosenköpfchen zukommen.

Die Erfahrung lehrt nun, dass die Zahl der Zeilen wächst, wenn sich der Boden, auf dem die Blüthchen stehen, vergrössert. Die Grösse des gemeinschaftlichen Blüthenbodens ist aber von der Stärke der Axe abhängig, die er regelmässig, sei diese nun die Hauptaxe oder ein Seitentrieb, beschliesst. Es ist eine allgemeine und auch von mir gemachte Erfahrung, dass die Hauptaxe stärker ist als die Seiten-

zweige, demgemäss sind die Endköpfchen wenigstens häufig stärker als die seitenständigen. Die Stärke der Hauptaxe wird erfahrungsgemäss beeinflusst durch die Menge der Seitenaxen. Sorgt man nun dafür, dass diese zur richtigen Zeit ausgekniffen werden und dass nur die Endblüthe zur Entwicklung kommt, so entstehen ganz besonders grosse Blüthenköpfchen. Dieses Verfahren hat der Grubenbesitzer Körner in Rixdorf eingeschlagen, um seine »Riesensonnenrosen« zu erziehen. Ich habe bei ihm ein Köpfchen gesehen, welches vollkommen ausgereift und getrocknet einen Durchmesser von über 40 cm hatte.

Ich habe mir von ihm einige solcher sehr grossen, ausgewachsene Köpfchen ausgebeten, um zu constatieren, welches die Maxima der Zeilenzahlen seien, die überhaupt vorkommen. Die höchsten Ziffern, die ich an ihnen fand, waren 89er und 144er. Zur Zeit als die Sonnenrosen noch in der ersten Anlage und frühesten Ausbildung ihrer Köpfchen waren, setzte ich mich im nächsten Jahre mit Herrn Körner in Verbindung und ging mit ihm seine ausserordentlich umfangreichen Culturen durch. Ich bat ihn nun darum, mir einige Pflanzen zu überlassen, an denen er diejenigen Operationen vorgenommen hatte, welche ihm »Riesensonnenrosen« ergeben sollten. Ich hatte schon genug Erfahrungen gesammelt, wie ein Köpfchen aussehen musste, in welchem der Blüthenboden noch nicht vollkommen mit Blüthen beladen war, aber doch schon genug Reihen derselben erzeugt hatte, um die Zeilenzahlen feststellen zu können. Er zeigte mir eine ganze Menge von Stauden, die muthmaasslich meinen Ansprüchen entsprechen würden. Aus ihnen suchte ich mir wieder die 3 stärksten aus, schnitt die Spitzen ab und nahm sie mit mir, um unter dem Präpariermikroskop zu Hause bequem die Zählungen zu vollziehen. Ich war nun der sicheren Gewissheit, dass ich junge Pflanzen vor mir hatte, die später in erwachsenem Zustande das Höchstmaass der Zeilen besitzen mussten.

Wenn die von Schwendener behaupteten Verschiebungen der Blüthen bei dem vorschreitenden bevorzugten Breitenwachsthum eintraten, so mussten die jüngsten Zustände niederere Ziffern als Reihenzahlen ergeben als 89 und 144. Als ich an den drei Köpfchen die Zahlen festsetzte, fand ich an allen dreien die 89er- und 144er-Zeilen. Zwei von den Köpfchen zeigten schon den ganzen Blüthenboden mit Anlagen bedeckt; sie sind in der obigen Liste nicht mit aufgeführt, weil ich die Durchmesser nicht notiert habe. Das unter Nr. 18 angeführte Präparat aber war von der dritten, mir von Herrn Körner gegebenen Pflanze genommen. Dieses war für meine Zwecke deswegen so vorzüglich brauchbar, weil erst $^2/_3$ des Durchmessers mit Blüthenanlagen besetzt waren; das innere Drittel war noch frei

davon. Ich hatte also ein Köpfchen vor mir, in dem die von SCHWENDENER berechneten »Verschiebungen« sicher noch nicht eingetreten sein konnten.

Wenn wir nun an so jungen Köpfchen das Maximum der Zeilenzahlen beobachten, das überhaupt an erwachsenen Köpfchen constatiert wurde, so geht aus dieser Wahrnehmung hervor, dass eine Verschiebung in SCHWENDENER's Sinne, nun sagen wir, im höchsten Maasse unwahrscheinlich ist. Jedenfalls hat diese Wahrnehmung ein höheres Maass von Beachtung in Anspruch zu nehmen als der SCHWENDENER'sche Beleg, weil ich mit einem viel umfangreicheren und mit einem sorgfältiger gesichteten Beobachtungsmaterial operierte als er.

Ich begnügte mich aber nicht mit diesen indirecten und deswegen immerhin vielleicht noch anfechtbaren Darlegungen, dass die von SCHWENDENER berechneten Veränderungen in den Zeilenzahlen der Blüthen bei den Sonnenrosenköpfchen nicht vorkommen, sondern trachtete auch nach einem directen Beweise. Die Köpfchen sind für Messungen im Ganzen schlecht zugänglich, wie aus meiner Beschreibung der Entwicklung derselben hervorgehen wird, und deswegen musste ich auf ein anderes Verfahren sinnen. Wenn man den Scheitel einer Sonnenrose betrachtet, der sich eben anschickt, die Vorbereitung für die Köpfchenbildung zu treffen, so findet man ihn in der Form eines plumpen, an der Spitze abgerundeten, von Blättern dicht umhüllten, conischen Körpers. Die Zeit für die Untersuchung beginnt zwischen Mitte und Ende Ende Juli; während derselben kann man sicher sein, die frühen Zustände noch an den Hauptaxen aufzufinden, die man nach den oben gemachten Angaben bevorzugen wird, wenn man Köpfchen mit den höheren Zahlen in den Berührungszeilen der Prüfung unterwerfen will. Dadurch, dass sich die Köpfchen der Seitenaxen gradweise später entwickeln, bleiben noch mehrere Wochen lang Materialien für ein weiteres Studium der Entwicklung oder für die Controlle in Fülle zur Verfügung. Der Anfang der Blüthenbildung giebt sich häufig dadurch kund, dass die dunklen, pfriemförmigen Spitzen der Blätter des gemeinschaftlichen Hüllkelches die Spreitenenden der oberen Laubblätter überragen. Die Präparation des Vegetationskegels macht gar keine Schwierigkeiten. Man kann zunächst die umhüllenden Blätter mit dem Messer abtragen. Später bedient man sich zur Entfernung der kleineren Hüllblätter unter dem Präpariermikroskop am zweckmässigsten der geschärften Staarnadel.

Der plumpe Vegetationskegel, dessen basaler Durchmesser etwa gleich der Höhe ist, erfährt, wenn er sich zur Bildung des Köpfchens anschickt, eine Veränderung, indem er sich abflacht; er nimmt die

Form eines Uhrglases an, wobei zuerst noch eine Spitze erkenntlich bleibt, die aber nach und nach in eine ganz sanfte Wölbung übergeht. Diese wird nun durch ein gefördertes Wachsthum der Seitenränder des Vegetationskegels zunächst umwallt, sodass man in diesem Zustande den Vegetationskegel mit der Form eines ganz regelmässigen Mondkraters vergleichen kann.

Die ersten Blüthen erscheinen bereits an dem uhrglasförmigen Kegel, also ehe die Kraterbildung auftritt; dann wird ziemlich schnell der nach innen abschüssige Wall mit Blüthenprimordien besetzt, deren Bildung auf die innere, schwach gewölbte Fläche übergreift.

In dem Maasse, als die Blüthenanlagen in Erscheinung treten, sinkt das flach convexe Centrum nach und nach ein; aber auch der Wall verschwindet bald vollkommen. Der von mir in Nr. 1 der Tabelle angeführte Vegetationskegel hatte eine solche Grösse, dass ich aus dem Vergleich mit den folgenden Zuständen erwarten durfte, die Blüthen würden an ihm nach den 34er und 55er Berührungszeilen angereiht sein. Er hatte einen Durchmesser von 1,7 mm. Zur Zeit, da ein Blüthenboden mit Blüthen nach den 34er und 55er Zeilen gerade besetzt ist, hat er einen Durchmesser von 5 mm (vergl. meine Tabelle Nr. 7—10); demnach beträgt der Zuwachs, den ein Köpfchen in dieser Zeit erfährt, 3,3 mm.

Wir wollen nun zunächst die Frage aufwerfen: Ist in dieser Zeit der ersten Entwicklung diejenige Forderung erfüllt, welche Schwendener als die erste Bedingung für seine Dachstuhltheorie stellt: »herrscht nämlich in diesem sich entwickelnden Organsysteme lückenloser Contact«?

v. Raciborski hat an Schnittserien mit dem Mikrotom das Ergebniss erhalten, dass die lückenlose Berührung in den jüngsten Stadien der Blüthenentwicklung an den Sonnenrosenköpfchen nicht statthatt. Meine Untersuchungen haben schon viel früher zu dem gleichen Ergebniss geführt. Ich habe zwar nur bei Oberlicht untersucht, kann aber trotzdem ganz unbedingt die Richtigkeit seiner Wahrnehmungen bestätigen. Die ersten Anfänge der Blüthenprimordien sieht man in der Form von halbellipsoidischen Hügeln, welche im allgemeinen radiär gestellt sind, sich nach aussen hin schärfer abheben und dort etwas höher sind als nach dem Centrum hin; hier verlaufen sie allmählich*. Die Beobachtung Schwendener's,

* Ich muss an dieser Stelle darauf hinweisen, dass in jüngsten wie in älteren und bis zur Samenreife entwickelten Köpfchen die ausserordentlich regelmässigen Anreihungen nur in bestimmten, mehr oder weniger breiten Zonen des Köpfchens liegen, die in der Regel der Peripherie zunächst befindlich sind. Sehr häufig ist

dass die Blüthenanlagen unter Umständen auf der einen Seite des gemeinschaftlichen Blüthenbodens schneller gegen das Centrum heranrücken als an den anderen, ist vollkommen zutreffend. Die Ansicht also, dass sich die Blüthen nach den Ziffern der genetischen Spirale ausbildeten, ist irrthümlich. Die genetische Spirale ist, wie SCHWENDENER zuerst ganz richtig erkannt hat, nur eine geometrische Construction, die aus den Zeilenziffern abgeleitet wird. Wer an derselben in dem Sinne festhält, dass sie die Entwicklungsfolge der Blüthen bezeichne, befindet sich in einer durch die Beobachtung widerlegbaren Fiction, die auch nicht durch die Interpretation beseitigt werden kann, dass hier eine Verzögerung, dort eine Beschleunigung der Anlagefolge eingetreten ist. Die Annahmen von Beschleunigungen und Verzögerungen der Anlagen sind wie die der Verschiebungen von Blüthenorganen im Sinne der formalen Morphologie nur billige Auskunftsmittel, um eine vermeintliche Gesetzmässigkeit bequem zu construieren.

In diesem frühesten Zustande der Blüthenentwicklung kann man zwischen den Blüthen stets schmale, sondernde Bahnen nachweisen. Bei günstiger Beleuchtung, die man durch Drehen und Wenden des Köpfchens unter dem zusammengesetzten Mikroskop stets gelegentlich gewinnt, geben sich die flachen Furchen zwischen den Blüthen immer zu erkennen. Ebenso sicher ist aber, dass diese Furchen in den mehr peripherischen Reihen der Blüthen vollständig ausgefüllt sind. Dies geschieht dadurch, dass sich die um die zunächst gesonderten Primordien gelegenen Theile des Blüthenbodens an der weiteren Ausbildung der Blüthen betheiligen. Der Körper, welchem die Ausfüllung der Lücken zukommt, ist die Spreuschuppe. Ihre Bildung geschieht in der Weise, dass sich an jedem der halbellipsoidischen Primordien sehr früh eine Furche einstellt, die zwischen seiner Mitte und dem distalen Drittel quer über den Hügel hinwegläuft. Indem sich an dem äusseren Zerklüftungstheile des Blüthenprimords eine Spitze herausmodelliert und diese den radial nach innen gelegenen Theil überwächst, giebt sich die Natur dieses Körpers als Spreu- oder Deckblatt klar zu erkennen. Die den letzteren, den eigentlichen Blüthenkörper umfassenden Flanken nehmen von dem Raume, der zwischen den Primärprimordien liegt, Besitz und stellen den lückenlosen Contact im Systeme her.

nur das eine System der Berührungszeilen tadellos entwickelt, in dem anderen kommen oft leichtere Störungen vor. Im Centrum des Köpfchens liegen die Hauptrichtungen der Blüthchen gewöhnlich chaotisch durcheinander. Hier werden nicht selten Doppelblüthen gesehen; oft bleibt eine schmale Fläche am Scheitel, deren Dimension kleiner als ein Primord ist, frei von Blüthenanlagen.

Der durch die Parzellierung des ursprünglichen Primordiums abgeschnittene, eigentliche Blüthenkörper erhebt sich, sein oberes Ende wird polsterförmig. Der bis dahin ellipsoidische Querschnitt erfährt jetzt eine Veränderung dahin, dass er gerundet fünfseitig wird und sich gleichzeitig am Scheitel schüsselförmig vertieft. Die 5 Ecken entwickeln sich verhältnissmässig schnell zu den 5 Zipfeln der Blumenkrone, die sich zusammenneigen und zu einem klappigen Verschluss über der vertieften Schüssel gelangen.

Will man die Zeilenzahlen an solchen Köpfchen untersuchen, in welchen sämmtliche Blüthen, bis auf die im Centrum gelegenen, das jetzt beschriebene Stadium der Entwicklung durchlaufen haben, so kann dies nicht ohne weiteres geschehen. Die über die Blüthen gebogenen Spreublätter verbergen die Blüthen vollkommen; man muss also zuvörderst die Deckblätter entfernen. Diese Vornahme gelingt indess sehr leicht; wenn man mit einem scharfen Scalpell auf der Oberfläche des Köpfchens schabt, dann treten sehr bald die Köpfchen der Blüthen zu Tage.

Die einfachste Methode, um zu ermitteln, ob im Laufe der Entwicklung der Sonnenrosenköpfchen die von Schwendener behaupteten Verschiebungen, d. h. also die Veränderungen in den Ziffern der Berührungszeilen statthaben oder nicht, wäre gewesen, dass ich die Zeilen an einem jungen Köpfchen bestimmte und dann nach einer längeren Zeit dieselbe Zählung von neuem vornahm. Ich überzeugte mich indess, dass sich einem solchen Unternehmen unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellten. Einmal war es mir nicht möglich, an ganz jungen Köpfchen die Abzählung zu vollziehen, wenn ich nicht das Köpfchen abschnitt und in aller Ruhe den vorbereiteten Körper unter dem Präpariermikroskop behandelte. Ich machte zwar den Versuch, an der Pflanze selbst mit einer starken Lupe die Zahlen festzusetzen, erhielt aber keine befriedigenden Resultate.

Ausserdem erkannte ich sehr bald, dass der mit der Untersuchung verbundene Eingriff ein sehr schwerer war, der die Köpfchen auf das empfindlichste schädigte. Die Oeffnung des Verschlusses, unter dem das Köpfchen durch die Entfernung der Blätter des gemeinschaftlichen Hüllkelches stand, mehr aber noch die Entfernung der Spreublätter bedingte eine schnelle Vertrocknung der Blüthenknospen. Der Körper wuchs nicht weiter, sondern verkümmerte.

Aus diesem Grunde betrat ich zunächst den Weg des Vergleiches, nachdem ich mich über das Maass der Variationen in den Zeilenzahlen genügend orientiert hatte. Später aber schlug ich ein anderes directes Beweisverfahren ein.

Zunächst galt es, die Frage zur Entscheidung zu bringen, ob

denn die Sonnenrosenköpfchen überhaupt unter der Voraussetzung, dass die SCHWENDENER'schen Anschauungen richtig wären, jene behaupteten Veränderungen zeigen könnten. Wie bei allen von SCHWENDENER gewählten Beispielen zur Stütze seiner Theorie, war von ihm diese Frage bisher nicht aufgeworfen worden. Die Bedingungen, nach welchen durch das Wachsthum eines Organsystemes niederere Zeilenziffern durch Verschiebung entstehen, sind erstens der lückenlose Contact in den Organen und zweitens ein bevorzugtes Wachsthum in transversaler Richtung. Ich lasse dabei die Frage, ob denn überhaupt das Dachstuhlgesetz aus anderen Gründen auf die Sonnenrosenköpfchen angewendet werden kann, vorläufig ausser Acht, weil diese anderen Verhältnisse von SCHWENDENER nicht berücksichtigt worden sind. Ich werde auf diesen Punkt später zurückkommen.

Nach der Darstellung, welche ich von der Entwicklung des Blüthenstandes gegeben habe, kann niemand die Stellung der Frage müssig finden. Ich habe gezeigt, dass ein plumper Vegetationskegel, dessen Durchmesser und Höhe gleich sind, die Form eines Uhrglases annimmt, dass später ein umwallter Krater entsteht, der sich allmählich wieder in einen uhrglasförmigen und endlich flachen Körper umbildet. Der innere Abfall des Walles ist mit Blüthen bedeckt; der Körper erfährt eine dauernde Zunahme in die Breite. Unter der Voraussetzung, dass das SCHWENDENER'sche Calcül richtig ist, müssen nothgedrungen in dem Rahmen dieser Gestaltsveränderungen auch schon Verschiebungen einsetzen, denn die beiden oben genannten Voraussetzungen sind erfüllt. Welcher Art aber die Veränderungen sind, wenn ein mit Blüthenprimordien beladener, concaver Körper in einen flachen übergeht, darüber hat uns SCHWENDENER keine Aufklärung gegeben. Ich werde unten zeigen, dass wir auch nach der von ihm angewandten Methode kein Resultat erhalten können.

Ich lasse demgemäss die Veränderung, die eine jüngste Köpfchenanlage in den Zeilenzahlen durch das Wachsthum erfahren wird, ausser Acht und beschränke meine Untersuchung darauf, zu prüfen, ob ein älteres Köpfchen diese Veränderung zeigt, wenn es durch ferneres Wachsthum überwiegend im Durchmesser zunimmt. In der Wahl meiner Objecte bin ich nun nicht mehr beschränkt; ich habe sie nur so zu treffen, dass ich als Ausgangsstellung ein Köpfchen wähle, das notorisch noch wächst, denn der Contact wird bis zur Samenreife gewahrt. Die Festsetzung, dass eine Wachsthumszunahme stattgefunden hat, wird durch die nöthigen Maasse, die ich nehme, verbürgt.

Die Sonnenrosenköpfchen sind in ausgezeichneter Weise dazu geeignet, die ev. Verschiebungen auf Grund der SCHWENDENER'schen

Dachstuhltheorie aufzuweisen. Die Zunahme der Höhe in einem solchen Köpfchen ist im Verhältniss zur Wachsthumszunahme in der horizontalen Richtung so ausserordentlich gering, dass wir die erstere gleich 0 setzen können. Die Blüthen an jugendlichen Köpfchen, welche die ersten Entwicklungsstadien hinter sich haben, liegen so gut wie in einer Ebene, und auch später ist die Wölbung des Köpfchens ganz unerheblich.

Ich habe mich 4 Sommer hindurch mit diesen Untersuchungen an den Compositenköpfchen beschäftigt. Als ich die Schwierigkeiten, die Zeilenzahlen an jüngeren Köpfchen der Sonnenrose mit denen an vollkommen erwachsenen Köpfchen zu vergleichen, durchaus nicht zu beseitigen vermochte, kam mir der Gedanke, gerade Merklinien mit Tusche anzubringen, um aus den Verbiegungen derselben eine Verschiebung der Blüthenzeilen nachzuweisen. Um mich davon zu überzeigen, dass dieses Verfahren ein bestimmtes Resultat ergeben würde, benutzte ich im Spätsommer 1895, als die Sonnenrosen keine brauchbaren Versuchsobjecte mehr abgaben, zunächst eine andere Pflanze zu Vorversuchen. Ich wählte die Köpfchen von *Rudbeckia laciniata*, weil dieselben schon in sehr frühen Entwicklungsstadien leicht und bequem zugänglich sind, da sie von einem Hüllkelch nicht so dicht umgeben werden.

Die Pflanze ist freilich für die Ermittlung nicht in dem Sinne wie die Sonnenrose zu gebrauchen, da ihr Köpfchen nicht vornehmlich in die Breite, sondern mit überwiegendem Maasse in die Länge wächst. Man erkennt dieses Verhältniss aus den beifolgenden Zahlen: Köpfchen, welche gerade die letzten Blüthen am Scheitel erzeugten, hatten im Durchschnitt von 30 Objecten an der Basis einen Durchmesser von 0,93 mm, die Höhe betrug 0,90 mm. Die Gestalt des Vegetationskegels war die der stumpfen Hälfte eines quer durchschnittenen Eies. Zur Zeit der Vollblüte in den untersten Scheibenblüthen betrug die durchschnittliche Höhe einer gleichen Anzahl Blüthen 14,5 mm, während der basale Durchmesser der Axe 4,5 mm ergab; die Ausmessungen zur Zeit der Anthese der oberen Scheibenblüthen waren folgende: Höhe = 25 mm, Durchmesser 5,5 mm. Der Quotient von Höhe zu Durchmesser betrug im ersten Falle $\frac{30}{31}$, im zweiten $\frac{35}{9}$, im dritten $\frac{50}{11}$; bringe ich diese Brüche auf gleichen Nenner, so ergeben sich: I. $\frac{2970}{3069}$, II. $\frac{11935}{3069}$, III. $\frac{13950}{3069}$. Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass die Höhenzunahme von dem ersten zum zweiten Stadium bei gleichgesetztem Durchmesser 4mal, zum dritten 5mal grösser ist als die Zunahme im Durchmesser. An den Köpfchen von

Rudbeckia laciniata herrscht vom Anfangsstadium bis zum letzten Zustand lückenloser Contact. Die Zeilenzahlen lassen sich sehr bequem in allen Zuständen ablesen, wenn man auch in den jüngsten das Präpariermikroskop zu Hülfe nehmen muss. Ich habe mehrere Dutzend Blüthenköpfchen daraufhin untersucht und zu allen Zeiten, in allen Entwicklungsstadien nur die 13er und 21er als Berührungszeilen gefunden. Schon dies Ergebniss genügt eigentlich, um die Möglichkeit der Annahme einer Verschiebung von vornherein auszuschliessen, trotzdem dass ein immerhin beträchtliches Ueberwiegen des Längen- gegen das Dickenwachsthum vorliegt. Um aber doch noch jeden Einwand zu beseitigen, habe ich an jungen, noch nicht blühenden, in lebhafter Dehnung begriffenen Köpfchen einen sehr zarten schwarzen Tuschestrich aufgetragen. Meine Controlle nach 1, 2, 5, 8, 14 und 21 Tagen ergab, dass die auseinander gerückten Punkte von der Geraden nicht abwichen.

Wenn nun nach meinen Versuchen eine Verschiebung der Zeilen derart, dass später bei dem Ueberwiegen des Längenwachsthums über das Dickenwachsthum niederere Ziffern in den Berührungscurven auftreten, nicht nachweisbar ist, so findet auf der anderen Seite eine sehr bemerkbare Veränderung in den Formen der Blüthen statt, so lange als das Wachthum des Köpfchens anhält. An den Blüthenköpfchen der *Rudbeckia laciniata* von 4 mm Länge bilden die Umrisslinien der Blüthen nahezu regelmässige Quadrate. Wenn diese Köpfchen sich dehnen, so müssen sich die sich stets lückenlos berührenden Fruchtknoten den Wachsthumszunahmen nach Länge und Quere anpassen. Wenn das Köpfchen eine Länge von 16 mm erreicht hat, so erscheinen die Querschnitte der Fruchtknoten als sehr spitze Rhomben, in welchen die Makrodiagonale die Brachydiagonale um mehr als das Doppelte an Länge übertrifft.

Nachdem ich mich davon überzeugt hatte, dass die Methode der Merkstriche befriedigende Resultate an *Rudbeckia* gewährte, wandte ich dieselbe auch auf die Sonnenrosenköpfchen im folgenden Jahre an. Ich ging nun nicht wieder auf die jüngsten Zustände der Köpfchen zurück, sondern bediente mich solcher von 3,5—4 cm Durchmesser, die schon einen Zutritt durch den Hüllkelch zu ihrer inneren Oberfläche erlaubten, ohne dass die Blätter desselben zu beseitigen waren. Die Deckblätter der Köpfchen waren schwarzgefärbt. Ich benutzte also zum Merken der Oberflächen mit geraden Linien weisse Tusche. Ich zog einen dünnen Strich der Richtung der Spreuschuppen folgend über die ebene Fläche von aussen nach innen, indem ich die Blätter des Hüllkelches so weit zurückbog, dass ich bequem zu der Oberfläche gelangen konnte. Dann wurden dieselben wieder zurück-

gelegt und nun der Strich zuerst von Tag zu Tage, dann in längeren Zwischenräumen beobachtet.

Die Köpfchen erlangten den doppelten Umfang (6—8 cm) bis zu dem Zeitpunkte, an welchem ich die regelmässige Controlle aussetzte. Die Bedingungen, welche SCHWENDENER für die Verschiebung der Zeilen nach höheren Ziffern setzt, waren durch das vornehmliche Breitenwachsthum und den lückenlosen Contact gegeben. Eine Verbiegung aber der geraden Linien, welche als Merkzeichen gezogen waren, konnte in keinem Falle constatiert werden. Aus meinen Beobachtungen an den Compositenköpfchen sowie aus meinen Messungen und Versuchen an wachsenden Nadelholzzweigen geht mithin unbedingt hervor, dass die von SCHWENDENER berechneten, durch Prüfung der in der Natur vorliegenden Verhältnisse aber nicht genügend bestätigten Verschiebungen der Berührungszeilen nicht stattfinden. In diesen Veränderungen liegt aber das wesentlichste Moment der SCHWENDENER'schen mechanischen Blattstellungstheorie, sodass ich zu dem Ergebniss gelange, dass dieselbe für diesen Theil einen Anspruch auf Richtigkeit nicht erheben kann.

Nachdem ich meine Beobachtungen an verschiedenen Arten von Nadelhölzern mitgetheilt habe, will ich nochmals auf das von SCHWENDENER gewählte Object zurückkommen, das ihm dazu gedient hat, die Oscillationen der obersten Blätter an wachsenden Trieben, die er durch Rechnung bestimmt hatte, mit Hülfe der Veränderungen in den Contacten durch die Beobachtungen zu demonstrieren. Ich muss zu diesem Zwecke zunächst eine Betrachtung über die in Anwendung gebrachte Methode vorausschicken. Streng genommen giebt der Vergleich von Alterszuständen an verschiedenen Exemplaren kein unbedingt vertrauenswerthes Resultat. Ich werde nur dann zu einem unbedingt richtigen Ergebniss über Stellungsveränderung an wachsenden Organen kommen, wenn ich die Stellungsverhältnisse an einem Körper in frühestem Entwicklungszustande bestimme, dann die Dispositionen an demselben Körper in erwachsenem Zustande festsetze und nun zusehe, ob beide übereinstimmen oder voneinander abweichen.

Leider liegt es aber in der Natur der Körper in jüngstem Zustande, dass diese Bestimmungen nicht immer vorgenommen werden können. Die Gebilde sind oft so klein, dass die an ihnen sitzenden Blattanlagen nur bei stärkerer Vergrösserung in den Stellungen bestimmt werden können; diese Vornahme lässt sich an dem Zweige selbst, wenn er mit dem Baume in Verbindung steht, nicht gut machen. Das Freilegen des jungen Kegels muss gewöhnlich mit einer Sorgfalt und Vorsicht geschehen, welche an dem Zweige nicht ausgeübt

werden kann. Endlich beeinträchtigt die Entfernung der schützenden Knospenhüllen die fernere Entwicklung des zarten Körpers gewöhnlich in so hohem Maasse, dass er an Vertrocknung zu Grunde geht.

Wir werden deshalb in gewissen Fällen unsere Zuflucht zu dem Vergleiche verschiedener Objecte zu nehmen genöthigt sein. Zum Glück giebt es aber gewisse Gebilde, die in situ untersucht werden können, sodass die Ausführung des Vergleichs an demselben Körper möglich wird und die strengste Forderung, die an einen Beweis durch die Ermittlung realer Thatsachen erhoben werden muss, wenigstens an einigen Körpern zu erfüllen ist. Soll nun irgend ein Vorgang durch den Vergleich zweier Zustände, des Anfangs der Entwicklung und des Abschlusses derselben, an verschiedenen Gebilden demonstriert werden, so ist die erste Forderung, welche gestellt werden muss, der Nachweis darüber, dass in beiden Zuständen constante Verhältnisse vorliegen. Sind die Verhältnisse nicht constant, so werden wir selbstredend unter Umständen in einen Irrthum geführt werden können. Ist die Constanz in beiden Zuständen eine unbedingte, so ist der Vergleich unter allen Umständen gestattet. Anders liegt die Sache, wenn die Wiederkehr der Verhältnisse nicht durchgehends in beiden Zuständen statthat.

Da wir über die Constanz der Blattstellungsverhältnisse nur sehr mangelhaft unterrichtet sind und da es, wie wir von ausgewachsenen Nadelholzzapfen wissen, schwankende Verhältnisse bei derselben Art giebt, so wird die Untersuchung über die an jüngsten und an endlichen fertigen Zuständen vorkommenden Stellungsverhältnisse als eine unbedingte Forderung jedem Vergleiche vorausgehen müssen. Finden wir an einer genügend grossen Zahl von Objecten beider Zustände unbedingte Constanz, so kann der Vergleich anstandslos gezogen werden. Zeigt sich indessen, dass die Wiederkehr derselben Stellungsverhältnisse keine regelmässige ist, so wird die Zahl der identischen Verhältnisse in beiden Fällen zu bestimmen sein. Es muss ein Typus des Verhältnisses ermittelt werden. Ist die Zahl der typischen Stellungen in hohem Maasse überwiegend gegen die atypischen Verhältnisse, so können die letzteren vernachlässigt werden, und der Vergleich der typischen Stellung in beiden Zuständen ist gestattet.

Ist durch die Beobachtung dargethan, dass in den beiden Alterszuständen Constanz herrscht, so werden wir durch den Vergleich unmittelbar erfahren, ob durch das Wachsthum und die Entwicklung der Objecte eine Veränderung in den Stellungen stattgefunden hat oder nicht. Herrscht dagegen keine ausnahmslose Constanz, so wird sich vorläufig nur eine grössere oder geringere Wahrscheinlichkeit

ergeben, die von dem Procentsatz der typischen Verhältnisse abhängig ist: je grösser die Zahl der Typen ist, um so wahrscheinlicher ist es, dass die typische Folgestellung aus der Anfangsstellung hervorgegangen ist. Liegen z. B. in beiden Zuständen 50 % einer und 50 % anderer Stellung vor, so ist ein Ergebniss überhaupt nicht möglich, zumal wenn in beiden Hälften gleiche Verhältnisse herrschen. Sind aber im Anfangsstadium 80 % oder 90 % constanter Stellung und im Endstadium wieder 80 % oder 90 % derselben Disposition zur Wahrnehmung gekommen, dann dürfen wir mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit voraussetzen, dass diese beiden Stellungen zu einander im Abhängigkeitsverhältnisse stehen. Erhalte ich nun nicht blos einen hohen Grad der Wiederkehr der Verhältnisse im Anfangsstadium und einen ebensolchen im Endstadium, sondern erweist es sich auch, dass beide typische Stellungen identisch sind, so habe ich keinen Grund, daran zu zweifeln, dass Veränderunen in der Divergenz überhaupt nicht eingetreten sind.

Schwendener hat bei allen Vergleichen, die er gezogen hat, diese unbedingt nöthige Vorfrage und Vorprüfung an den Objecten, die er verwendete, nicht gemacht; deswegen können die Vergleiche auch nicht das Maass der Gewissheit in Anspruch nehmen, das er ihnen zuspricht.

Er operiert, um die Verschiebungen, welche er rechnerisch ermittelt hat, als wirklich vorhanden nachzuweisen, wie ich oben sagte, auch mit *Abies pinsapo*. Ich wählte dieselbe Pflanze, um an ihr in den jüngsten Zuständen sowie an jährigen Zweigchen und auch an älteren Zweiggliedern zu prüfen, ob in diesen die nöthige Constanz herrscht, damit sie zu dem Zwecke eines Vergleiches brauchbar seien und welches Maass der Variabilität vorliegt.

Wenn man sich im Winter eine Anzahl Zweige dieser Tanne verschafft, so kann man verhältnissmässig sehr leicht eine grosse Menge von jenen jüngsten Zuständen der Knospen erhalten, die dazu bestimmt sind, im folgenden Frühlinge auszutreiben. Man schneidet die durch die Tegmente geschützten Knospen etwa $^1/_3$ mm über dem Grunde glatt durch, dann kollern bei einem gelinden Druck auf die Knospenhülle die kleinen, smaragdgrünen Kegelchen schlank aus derselben hervor. Legt man sich ein Dutzend derselben unter das Präpariermikroskop, so treten an ihnen die Zeilen mit der erstaunlichen Regelmässigkeit zu Tage, und man kann ihre Zahl durch Wenden und Drehen des Kegelchens mit Hülfe der Präpariernadel bequem ablesen.

Schon ein solches Material genügt, um die Erfahrung zu sammeln, dass die 8er- und 13er-Zeilen durchaus nicht, wie Schwendener meint, regelmässig als Berührungszeilen erscheinen. Gar nicht selten findet

man auch Kegelchen, an denen die 5er- und 8er-Zeilen als solche auftreten. Man wird nicht allzulange zu suchen haben, um gelegentlich die 3er- und 5er-Berührungszeilen zu finden. In einem Falle sah ich unter 17 beliebig herausgegriffenen Knospen die 6er- und 12er-Zeilen; ein anderes Kegelchen aus dieser Reihe ergab mir die 4er- und 6er-Zeilen.

Hat man einige Dutzend dieser Körperchen sorgfältig untersucht, so kann man sich der Wahrnehmung nicht verschliessen, dass die Zeilenzahlen abhängig sind von der Stärke bez. der Grösse der Knöspchen: die stärkeren unter ihnen zeigen ausnahmslos höhere, die schwächeren niedere Zeilenzahlen. Ich muss aber dabei betonen, dass nicht etwa die Endknospen eines Zweiges immer höhere Zeilenzahlen ergeben; sind dieselben schwächer als die Seitenknospen eines anderen Zweiges, so beobachtet man stets kleinere Zahlen als an den letzteren. Die Terminalknospe, d. h. den endlichen Gipfeltrieb dieser Tanne habe ich bei der Kostbarkeit der Pflanzen in unseren Gegenden nicht zu untersuchen gewagt. Die Pflanze wird durch die Entfernung desselben zu sehr benachtheiligt. Uebrigens lag, da ich die Thatsache der Veränderlichkeit genügend festgestellt hatte, keine Nöthigung zur Köpfung eines Baumes vor. Eine wesentlich neue Erfahrung war durch die Prüfung der Terminalknospe nicht zu erwarten. Um aber doch die Möglichkeit einer noch höheren Zeilenzahl nicht aus der Beachtung zu lassen, suchte ich mir einen recht kräftigen Zweig aus, der im letzten Sommer einen Endtrieb von Handlänge mit mehr als 200 Blättern gemacht hatte. Als ich die Knospe, die sehr kräftig aussah, untersuchte, ergab mir der Vegetationskegel das mir sonst nicht mehr begegnete Verhältniss, dass die 13er- und 21er-Zeilen entwickelt waren.

Da ich nicht beabsichtigte, den Vergleich der Stellungen zwischen den jüngeren und den älteren Zweigen der *Abies pinsapo* zu ziehen, so habe ich das Maass der Constanz in den Stellungsverhältnissen nicht weiter festgesetzt. Ich will nur darauf hinweisen, dass diese Tanne schlechthin kein geeignetes Object für den Vergleich bildet, weil die Variabilität in den Stellungsverhältnissen des Anfangsstadiums zu gross ist. Ich beobachtete allein 6 verschiedene Zeilenvariationen.

III. Prüfung der Prämissen der Schwendener'schen Dachstuhltheorie.

Wenn sich zwischen den Ergebnissen, welche SCHWENDENER bezüglich der Divergenzänderungen an fortwachsenden Organsystemen auf Grund seiner Dachstuhltheorie erhielt und den Resultaten, welche

ich durch Beobachtungen an den von ihm selbst als Beispiele gewählten Pflanzen, Nadelholztrieben und Sonnenrosenköpfchen gewann, ein offenbarer Widerspruch aufthut, so kann derselbe nur darin seine Ursache haben, dass die von SCHWENDENER gesetzten Prämissen nicht einwurfsfrei sind. Ich werde also zunächst versuchen, diese auf ihre allgemeine Geltung hin zu prüfen.

Diese Prämissen sind theilweise von ihm ausdrücklich betont und ausgesprochen worden; theilweise sind sie aber auf ihre Zulässigkeit überhaupt nicht geprüft worden. Auch die ersteren sind meines Erachtens nicht in dem genügenden Umfange begründet und als gesicherte Unterlagen befestigt worden.

Zu jenen rechne ich den ersten einleitenden Satz, welchen SCHWENDENER aufstellt, dass im Laufe der Entwicklung eines Stammorganes und seiner seitlichen Sprossungen Verschiebungen stattfinden müssen und dass diese Veränderungen jedermann im Allgemeinen einleuchten sollen. Wenn ein Körper nur in die Länge oder auch in irgend einem Maasse zugleich in die Dicke wächst, so sind, falls das Wachsthum in der Weise geschieht, dass sich die kleinsten Incremente in ganz bestimmten Grenzen bewegen, äussere Verschiebungen nicht unbedingt zu erwarten. Wir können uns den Process in der Weise versinnbildlichen, dass wir einen aufgeschnittenen und ausgebreiteten Cylinder, auf dem wir beliebige Kreise aufgetragen haben, die sich berühren oder nicht berühren, zunächst um ein bestimmtes Maass verlängern. Aus den Kreisen, welche auf der Fläche befestigt sind, werden unter Voraussetzung gleichmässiger Dehnung Ellipsen, deren lange Axe mit der Dehnungsrichtung zusammenfällt. Findet ausserdem auch noch eine Breitendehnung statt, so wird die Ellipse eine entsprechende Vergrösserung der kurzen Axe erleiden. Man kann diesen Process sehr schön an den Sprossen von Tannen (besonders instructiv bei *Abies pinsapo*) verfolgen, von welchen man die Nadeln entfernt hat. Die Abbruchsnarbe hat etwa die Gestalt einer kurzen Ellipse. Bei *Abies pinsapo* bleiben die Abbruchsnarben etwa 12 Jahre lang sichtbar. Während dieser Zeit wächst das Zweigstück nicht mehr in die Länge, wohl aber in die Dicke, und diesem Zuwachs entsprechend wird die kurze Axe immer breiter, und die Ellipse nähert sich immer mehr einem Kreise.

Dieselbe Erscheinung habe ich auch oben bei *Rudbeckia laciniata* nachgewiesen. In der Jugend haben die Blüthenanlagen im Querschnitt die Form eines Quadrates, später eines sehr spitzen Rhombus. Der Uebergang der einen Form in die andere wird durch das verschieden abgemessene Längen- und Breitenwachsthum, welches das Köpfchen erfährt, befriedigend erklärt. In beiden Fällen, bei den

Nadelholzzweigen, welche in den Abbruchsnarben keinen Contact zeigen, und in den *Rudbeckia*-Köpfchen, an denen sich die Blüthchen lückenlos berühren, sprechen die Formen der Organe dafür, dass jenes von mir vorausgesetzte, gleichmässige Wachsthum mindestens in den Besetzungsflächen stattgefunden hat, von dem ich oben sprach. Ob dabei innere Spannungen zwischen den Geweben stattfinden, das ist eine andere Frage; äusserlich an den Besetzungflächen brauchen dieselben nicht zum Ausdruck zu kommen; wir haben auch gar kein Anzeichen dafür gefunden, dass dieselben hier vorliegen.

Die Folge der von SCHWENDENER angenommenen äusseren Spannungen wäre nun, dass die Organe des Systems unter einem Drucke stehen. Von dieser Prämisse glaubte SCHWENDENER* »wirklich nicht, dass sie noch einer ausführlichen Begründung bedürfe«. Erst nachdem CASIMIR DE CANDOLLE das Vorhandensein seitlicher Drucke bezweifelte, hat SCHWENDENER eine Reihe von Thatsachen namhaft gemacht, welche diese Drucke als reell bestehend nachweisen sollen. Als ersten Beweis führt er die Veränderungen ins Feld, welche die Zapfenschuppen von *Pinus pinaster* erfahren, wenn sie aus dem erstjährigen Stadium heraustreten und der Reife entgegengehen.

In kurzen Worten ist der Sachverhalt nach SCHWENDENER folgender: An einjährigen Zapfen bilden die »Fruchtschuppen« von *P. pinaster* unregelmässige Rhomben, deren spitze Winkel quer orientiert sind; im mittleren Theile des Zapfens berühren sich 5er-, 8er- und 13er-Zeilen. An ausgewachsenen Zapfen ist der Contact auf den 13er-Zeilen unterbrochen und dafür derjenige der 3er-Zeile hergestellt. In Folge des Aufeinanderstossens der scharfen Rhombenecken werden die letzteren mehr oder weniger abgestumpft.

Ich kann diesen Fall hier noch nicht genügend beleuchten, weil ich in einem späteren Abschnitt erst auf den Begriff des Contactes näher eingehen muss. Nur so viel sei hier bemerkt, dass es nicht richtig ist, wenn SCHWENDENER meint, die Fruchtschuppen bildeten an den jungen Zapfen Rhomben, die an den reifen Schuppen durch Druck in Sechsecke abgeändert würden. Die Fruchtschuppen stellen vielmehr ganz andere Gestalten dar; was SCHWENDENER als solche ansieht, sind nur die Apophysen derselben, die in der Gattung *Pinus* (im engeren Sinne) stets und häufig sehr stark sculpturierten, offensichtigen Enden der Fruchtschuppen. Ich will noch darauf hinweisen, dass die Apophysenrhomben an den erwachsenen Zapfen auf der 3er-Zeile niemals in Linien zusammenstossen, welche auf der Makrodiagonale senkrecht stehen, diese sind vielmehr stets schief.

* SCHWENDENER in Sitzungsberichten der Berliner Akademie. XXXII. 2.

Wären die Abstumpfungen der scharfen Ecken der Rhomben durch Druck entstanden, so müsste stets die erst erwähnte Neigung gegen die Makrodiagonale gesehen werden. Ich habe aber an keinem Exemplare von *Pinus pinaster* oder einer anderen Art der Gattung senkrechte Linien beobachtet, wenn die Apophysen auf der 3er-Zeile miteinander in Berührung treten.

Als zweiten Beweis führt Schwendener die »Neigung der Staubgefässe in den Kätzchen von *Pinus*, *Abies* u. s. w. an. Dieselben stehen nur in der Mitte rechtwinklig zur Längsaxe, nach der Spitze zu erscheinen sie mehr oder minder aufgerichtet, zunächst der Basis zurückgeschlagen. In jugendlichem Zustande ist dieses Verhalten der Organe nicht einmal angedeutet, es kommt erst im Laufe der Entwicklung zu Stande.« Soweit meine Erfahrung reicht, entsprechen die Thatsachen der Schwendener'schen Darstellung nicht. Das Arrangement der Staubgefässe in der männlichen *Pinus*-Blüthe bleibt von Anfang an das nämliche, die seitlichen Staubblätter stehen senkrecht oder ungefähr senkrecht auf der Axe, die oberen haben eine aufrechte Stellung schon in der jungen Knospe. Bei den kugelförmigen Köpfchen, welche eine grössere Anzahl von *Rubiaceen*-Geschlechtern besitzen, begegnet uns die gleiche Orientierung, nur dass hier auch die ganz nach unten gewendete Kugelfläche mit Blüthen besetzt ist, die nach unten gerichtet sind. Ich habe deren genug aus den Gattungen *Uruparia*, *Stephegyne, Adina, Cephalanthus* gesehen, als dass ich nicht genau über die vollkommene Uebereinstimmung des frühesten Knospenzustandes mit den erwachsenen Köpfchen orientiert wäre. Uebrigens kann ich keineswegs finden, dass dieser »gewölbeartige« Bau an den Nadelholzblüthen und Früchten durchgehends auftritt. Die ausgewachsenen Fruchtzapfen derselben zeigen doch in geschlossenem Zustande keine Andeutung der geschilderten Stellung der Schuppen. Die ganze Anordnung erklärt sich durch die Ausnutzung des gegebenen Raumes viel einfacher als durch einen gegenseitigen Druck, welcher einen gewölbeartigen Bau erzeugt.

Der dritte Beweis gründet sich darauf, dass Lücken, welche durch Verletzung oder Verkümmerung einzelner Organe in einem geschlossenen Systeme entstehen, während des Wachsthums kleiner werden und sich endlich ganz oder theilweise schliessen. Auch dieser Beweis ist für mich nicht durchaus stichhaltig. Sind die Verletzungen umfangreicher, so tritt kein Verschluss, sondern eine offene Vernarbung ein, wie ich mich bei meinen Untersuchungen über die Compositenköpfchen genügend überzeugt habe. Ist eine kleinere Lücke vorhanden, so kann dieselbe dadurch verengt werden, dass die benachbarten Organe sich nach der offenen Stelle hin mehr ausdehnen,

weil ihnen eben ein freier Raum zur Verfügung steht. Durch die Ausnützung desselben ist aber noch nicht der Beweis erbracht, dass die Organe auf den Seiten, welche unter Berührung mit anderen stehen, auch gedrückt werden. Beliebige Gegenstände können nebeneinander unter der engsten Berührung aufgestellt werden, ohne dass sie sich dabei drücken, und dasselbe Verhältniss kann auch bei Pflanzenorganen stattfinden.

SCHWENDENER benutzt ferner als Beweis dafür, dass Druckwirkungen an Organsystemen vorliegen müssten, die Thatsache, »dass Organsysteme mit einseitig vorwiegender Entwicklung sich krümmen, und zwar immer nach derjenigen Seite hin, auf welcher sich die seitlichen Glieder in gedrängterer Stellung befinden«; er weist auf die Thatsache hin, dass diese Krümmung bei Früchten von *Magnolia* hin und wieder gefunden wird. Die Beobachtung ist richtig; sie scheint häufig bei *Magnolia acuminata*, *M. conspicua* Salisb. (*M. Yulan* Desf.) und ihren Bastarden vorzukommen. Die Betrachtung dieser Früchte lehrt nun, dass diese Krümmung in erster Linie ganz zweifellos mit der Befruchtung der Karpiden zusammenhängt. Regelmässig bleibt nämlich der grösste Theil derselben unbefruchtet; diese Karpiden und Samenanlagen vergrössern sich nicht, während streifenweise, meist auf der einen Seite Befruchtung und damit Wachsthum der Karpiden bis über die doppelte Grösse eintritt. Eine solche einseitige Förderung des Wachsthums von Organen, das sich bei der hohen Insertion der Karpiden an der Axe auf diese selbst fortsetzen muss, bedingt nothwendiger Weise eine Krümmung der Fruchtaxe. Diese vollzöge sich doch unter allen Umständen, auch dann, wenn die Axe ohne Besetzung mit Karpiden einseitig sich dehnte. Ein Beweis dafür, dass die Karpiden unter einem gewissen seitlichen Drucke ständen und dass diese letzteren die Krümmung der Axe bewirkten, ist also nicht erbracht.

Ich habe bei meinen zahllosen Untersuchungen von Organen, welche Neubildungen erzeugen oder welche mit solchen beladen weiter wachsen, immer die Frage im Auge behalten, ob sich Drucke in dem System voraussetzen oder nachweisen lassen. Ganz abgesehen von den Fällen, in welchen die Contacte fehlten, konnte ich auch bei ganz lückenlosen Anreihungen niemals die Ueberzeugung gewinnen, dass diese Drucke existierten. Zum directen Nachweis, dass dieselben wirklich nicht vorhanden sind, bediente ich mich der Compositenköpfchen. Ich habe zu diesem Zwecke alle Entwicklungsstadien der Sonnenrosenköpfchen genau unter dem einfachen und zusammengesetzten Mikroskop geprüft. In ihnen ist ein Indicator an die Hand gegeben, welcher auf die Frage eine Antwort geben muss: das Spreublättchen. Sind die Drucke wirklich da, so muss sich an wachsenden

oder ausgewachsenen Köpfchen eine Bewegung in diesen zeigen, falls ich ein Blüthchen oder mehrere, oder später ein Früchtchen oder mehrere aus dem Verbande heraushebe. Ich habe diese Vornahme häufig mit aller Vorsicht vollzogen, habe aber niemals gesehen, dass sich dann in den benachbarten Spreublättern auch nur die geringste Bewegung oder Lageveränderung geltend machte. Trotzdem, dass ich oft grosse Bezirke aus dem Verbande entfernte, konnte ich auch bei starker Vergrösserung keine Bewegung in den bleibenden Organen sehen; dieselben standen vielmehr fest wie die Mauern.

Eine andere Beobachtung, die ich an Zapfen von *Pinus laricio* vom zweiten Jahre machte, spricht ebenfalls keineswegs für vorhandene Drucke. Wenn in der That die Zapfen der Nadelhölzer in ihren Berührungsbändern eine Verschiebung erfahren sollen, so müssen schon recht gehörige Drucke wirken, um in den zähen Geweben, welche einem scharfen Messer einen tüchtigen Widerstand entgegensetzen, derartige Locomotionen, welcher Art sie auch sein mögen, zu erzeugen. In manchen Jahren ist bekanntlich die Samenerzeugung bei den Kiefern unserer Wälder sehr geringfügig, es giebt gute und schlechte Samenjahre. Man kann es den Zapfen nicht ansehen, ob die Samen entwickelt sind oder nicht; ein Kieferzapfen kann zu seiner normalen Grösse entwickelt sein und enthält vielleicht nicht einen einzigen reifen Samen. Dabei wachsen aber die Samenanlagen bis zur definitiven Grösse an; nur sind sie schon im Juni fast völlig hohl, im Innern liegt nur ein collabiertes Häutchen. Ich werde unten genauer zeigen, dass diese fehlgeschlagenen, hohlen Samenanlagen bei der Herstellung des lückenlosen Contactes um die Tragaxe mit in Anspruch genommen werden. Auf sie müssten also jene vermeintlichen Drucke, welche in dem wachsenden System herrschen sollen, auch wirken. Niemals aber findet man sie etwa zusammengedrückt; sie behalten vielmehr, wie ich schon oben sagte, ganz das Aussehen eines heranreifenden Samens. Präpariert man sie frei, so genügt eine ganz geringe Quetschung zwischen zwei Fingern, um sie zu vernichten.

. Ich habe im Laufe der Zeit Tausende von Vegetationskegeln, die mit Neubildungen besetzt waren, präpariert und beobachtet und habe genügende Gelegenheit gehabt, die ausserordentliche Zartheit dieser Gebilde, die leichte Verletzbarkeit und Vergänglichkeit, gar nicht selten zu meinem grössten Leidwesen, kennen zu lernen. Ich muss gestehen, dass mir die Ansicht, die so zarten Objecte ständen unter einem Drucke, der ihre Verschiebung veranlasst, keineswegs von vornherein gefiel. Schwendener hat auch mit den Verschiebungen operiert, ohne sich zu überzeugen, welche Drucke diese Gebilde denn überhaupt auszuhalten vermögen, bis sie der Zerquetschung anheimfallen.

Wenn ich mir nun auch eine ziemliche Gewandtheit in der Präparation von Sprossspitzen erworben habe, so bringt doch das Ausrutschen der Nadel oder ein schiefer Schnitt das Präparat bisweilen unter den Druck derselben und wird zerquetscht. Mir war längst klar, dass ein starker Druck zur Vernichtung dieser Gebilde nicht nöthig ist. Ich war aber schliesslich doch überrascht, welche geringe Belastung sie vollkommen zerstört.

Mir schien es nicht unmöglich, festzustellen, bei welcher Belastung die Zerquetschung verschiedener jugendlicher Gebilde stattfindet. Wir haben über das Maass der Drucke, die wir mit der Hand oder zwischen den Fingerspitzen ausüben können, in der Regel keine Schätzung. Ich war recht überrascht, als ich mit Hülfe einer Wage obenhin festsetzte, dass ein ganz leiser Druck zwischen Daumen und Zeigefinger 200 g entsprach und dass, einen Druck von 5 kg auszuüben, keineswegs eine grosse Anstrengung erforderte. Ich hatte nicht die Absicht, mit allen nöthigen Cautelen den schliesslichen Zerquetschungspunkt von verschiedenen jungen Organen zu bestimmen, welche derart an der Tragaxe angeheftet waren, dass sie den Bedingungen der Verschiebungen nach SCHWENDENER genügten. Sie sassen an einer fortwachsenden Axe und standen unter lückenlosem Contacte. Mein Bestreben ging nur dahin, durch allmähliche Belastung derselben mit Gewichten den Druck zu constatieren, den sie nicht mehr aushielten. Zu diesem Zwecke präparierte ich mir einzelne Blüthen in frühen Anlagezuständen oder auch Verbände von Blüthen am Vegetationskegel auf einem Objectglase frei, bedeckte das Praeparat mit einem Deckglas und beschwerte dieses mit den Gewichten, die ich äusserst vorsichtig mit Hülfe der Pincette auflegte. Ich erhielt folgende Belastungen, welche die Zerquetschung herbeiführten:

Vegetationskegel von *Gesnera rutila*, mit 2 Blüthenanlagen, 0,5 mm lang, 15 g.

Dicentra spectabilis, Blüthenknospe von 0,2 mm Länge, Kelch angelegt, zerquetscht durch 5 g. Blüthenknospe von 0,3 mm, alle Organe bis zu den Staubgefässen angelegt, zerquetscht durch 7 g. Vegetationskegel mit 4 Blüthen 0,5 mm lang, zerquetscht durch 8 g.

Impatiens Sultani, Blüthenknospe mit allen Organen 0,3 mm lang, zerquetscht durch 5 g.

Ornithogalum sulphureum, Blüthenknospe mit Anlage des Perigons 0,5 mm lang, zerquetscht durch 5 g.

Polygonatum commutatum, Blüthenknospe von 0,5 mm Länge, Perigon angelegt, zerquetscht durch 4 g.

Wenn man diese Drucke, welche eine vollkommene Vernichtung eines Organes herbeiführen, betrachtet, so wird man zugeben, dass sie äusserst gering sind. Ueber das Maass der Drucke, welches nothwendig ist, um eine Verschiebung von Organen an einem System zu bedingen, ist uns zwar SCHWENDENER eine Aufklärung schuldig geblieben. Ich kann mir aber nicht vorstellen, dass sie unter den Zerquetschungsdrucken, die ich oben angegeben habe, bleiben sollten, um die behaupteten Lageveränderungen zu erzeugen.

Welche Kraft würde nothwendig sein, um auf einer Sonnenrosenscheibe, die schliesslich bis 40 cm Durchmesser erreicht, die ganzen Reihen von Blüthchen, die bis auf 144 steigen können, in Bewegung zu setzen! Ich habe, um das Maass des Widerstandes des Fruchtknotens einer Compositenblüthe abschätzen zu können, mit demjenigen der Blüthe des *Eupatorium Weinmannianum* Reg. et Kcke. operiert und gefunden, dass der Fruchtknoten einer Blüthe sub anthesi bei einer Belastung von 25 g vernichtet wird. Glaubt man im Ernst, dass ein seitlicher Druck von unter 25 g auf solche Fruchtknoten die Blüthen in Bewegung setzen kann?

Welches immer die Art sein mag, in welcher sich SCHWENDENER die Verschiebung vorstellt, immer wird eine beträchtliche Kraft erforderlich sein, um die festgehefteten Organe zu bewegen. Diese Körper sind doch nicht unendlich leicht verschiebbar, wie die Scheibchen an seinem Dachstuhl, die durch den geringsten Druck aus ihrer Lage gebracht werden! Ich habe den Eindruck, dass die zarten Gebilde an Neubildungen erzeugenden Vegetationskegeln durch die erforderlichen Drucke viel eher zerquetscht als aus ihrer Stellung entfernt werden dürften.

Den letzten Beweis, welchen SCHWENDENER anführt, um die Drucke in den Organen eines wachsenden Systemes nachzuweisen, dass nämlich bei *Pandanus* und *Cyperus* die Geradanreihung der Blätter in drei Zeilen durch den Druck in gewundene Zeilen übergeführt werde, kann ich nicht anerkennen, weil ich schon früher durch meine Beobachtungen eines anderen belehrt worden bin. Ich habe an einer anderen Stelle durch neue Thatsachen nachzuweisen versucht, dass ich meine damaligen Resultate unbedingt aufrecht erhalten muss.

Als eine der SCHWENDENER'schen Prämissen, welche auf ihre Zulässigkeit nicht geprüft worden ist, betrachte ich die Transformation der Körper, die als Besetzungsflächen der Organe fungieren. Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Neubildungen stets an einem Rotationskörper entstehen, den wir kurz als Vegetationskegel bezeichnen, obgleich er niemals als ein einfacher gerader Kegel im mathematischen Sinne erscheint. Ich will mich desselben Ausdruckes bedienen

aus dem einfachen Grunde, weil bis jetzt noch gar keine genauen Untersuchungen über die wahre Gestalt dieser Körper vorliegen.

Schwendener transformiert also den Kegel in einen Cylinder, dann denkt er sich den letzteren in einer bestimmten Linie der Länge nach aufgeschnitten und flach ausgebreitet; er untersucht dann die bekannten Verhältnisse in der Ebene. Wir werden jetzt die Fragen zu beantworten haben: ist diese Transformation überhaupt und bis zu welchem Maasse ist sie, ohne dass sich bedenkliche Fehler einstellen, gestattet? Eine andere Frage, ob nämlich überhaupt das Blattstellungsproblem als ein solches der ebenen Fläche behandelt werden kann, werde ich später berühren.

Wenn auf einem Cylinder in schräger Richtung aequidistante Kreise oder Punkte mit constanter Divergenz aufgetragen werden, so erscheinen die Verbindungslinien dieser Punkte als Spiralen, auf denen jene in gleichen Abständen liegen. Diese Spiralen schneiden die Orthostichen durch die gegebenen Punkte derart, dass die Tangenten an die Curven in den Punkten mit den Orthostichen gleiche Winkel bilden. Berühren sich die Kreise mit gleichen Durchmessern, so entstehen Systeme neuer Spirallinien, die Berührungszeilen. Schneidet man nun den Cylinder auf, so werden die Spiralen zu geraden Linien, welche die Orthostichen unter denselben Winkeln schneiden.

Auf dem Kegel bilden dagegen die Berührungszeilen eine andere Art von Spiralen. Soll auch auf ihm die Bedingung constanter Divergenzwinkel eingehalten werden, so müssen sich zunächst die Organe verkleinern; operieren wir mit Punkten, dann rücken diese in dem Maasse, als sich der Kegel nach oben verjüngt, näher aneinander. Der Winkel aber, unter welchem die Curve bez. die Tangente an dieselbe die Orthostiche durch den Punkt schneidet, ist wieder constant. Wie nun schliesslich jede der Spirallinien an dem Kegel in die Spitze einläuft, so wird auf dem aufgeschnittenen und in einer Ebene ausgebreiteten Kegelmantel auch jede Berührungszeile eine Curve bilden, die zuletzt dem Scheitel des Kreisausschnittes unendlich nahe kommt.

Fehlerhaft bleibt die Transformation eines Kegels in einen Cylinder bei der analytischen Betrachtung der Blattstellungsverhältnisse immer. Der Fehler wird aber kleiner werden, wenn an Stelle der Grössenabnahme der Organe die Durchmesser gleichgesetzt werden und wenn der Kegel einen so steilen Neigungswinkel hat, dass er sich der Cylinderform nähert.

Der Fehler, welcher durch die Transformation eines Kegels in einen Cylinder entsteht, wächst aber offenbar in dem Maasse, als der Winkel an der Spitze stumpfer wird. Ist schliesslich

die untere Grenze erreicht, wird also die Höhe des Kegels = 0, so sieht man leicht ein, dass die Ausführung der Transformation unmöglich wird, denn eine ebene Fläche kann nicht in einen Körper transformiert werden. Das Gleiche gilt, soviel ich meine, wenn die Organe auf einem schüsselförmigen Körper befestigt sind, und deswegen sagte ich oben, dass man die Anlage der Sonnenrosenköpfchen in dem Zustande, wenn die Besetzungsflächen eine kraterartige Form haben, nach den SCHWENDENER'schen Gesichtspunkten nicht mehr beurtheilen könnte.

In den Köpfchen der *Compositen* und *Dipsaceen* mit sehr flach kegelförmigen und ebenen Blüthenboden kommen solche Körper vor, die sich nicht mehr in den Cylinder transformieren lassen. Es ist nicht uninteressant, die Contactlinien an solchen Inflorescenzen mit lückenlosem Contacte zu verfolgen. Nehmen wir z. B. ein Sonnenrosenköpfchen von grösseren Dimensionen, in dem etwa die 55er- und 89er-Berührungszeilen vorliegen, dann gehen durch ein randlich gelegenes Blüthchen f^0 zwei Zeilen; auf der einen sind die Blüthchen durch die Ziffern f^0, f^{55}, f^{110}, f^{165}, f^{220} $f^{p \cdot 55}$ zu bezeichnen, auf der anderen, nach der entgegengesetzten Seite gewendeten, tragen sie die Ziffern f^0, f^{89}, f^{178}, f^{267}, f^{356} $f^{p \cdot 89}$. Beide Contactlinien müssen sich endlich in einem Blatte schneiden, weil beiden Reihen endlich ein Blatt $f^{55 \times 89}$ gemeinsam ist. Haben wir ein Köpfchen vor uns, dessen Blüthenzahl gross genug und dessen Berührungszeilen regelmässig genug sind, so werden sich die beiden Zeilen in dem Gebild f^{4895} treffen. Hier schneiden sich die beiden Curven spitzwinklig mit concaven Schenkeln, und beide Curven bilden eine um das Köpfchen herumlaufende, den Mittelpunkt einschliessende Figur, welche der Botaniker mit dem Namen nierenförmig characterisiert. Allerdings ist dabei zu bemerken, dass die beiden Curven der Figur verschiedene Krümmungsradien haben.

Diese Figur entspricht dem Dachstuhl, welchen SCHWENDENER als Ausgang für seine Betrachtung über die Verschiebung der Organe an wachsenden Sprossen benutzt hat, wenn er die Cylinderform als Grundform der Sprosse annimmt. Da er nun die Sonnenrosenköpfchen als Beweistücke für die Richtigkeit seiner Lehre von den Verschiebungen verwendet hat, so hat er stillschweigend als zulässig angenommen, dass er die an einem Dreieck gefundenen Ergebnisse auch auf die vorliegende, von dem Dreieck vollkommen abweichende Figur übertragen dürfe und dass das Dachstuhlgesetz auch auf Organsysteme, die an sehr flachen Kegeln und auf solche, die in der Ebene angereiht sind, Anwendung finden kann. Ehe SCHWENDENER dazu schritt, jene Erfahrungen auf die Systeme zu übertragen, musste er

unbedingt die Zulässigkeit der Uebertragung prüfen und sicherstellen. Er hat diese Vornahme unterlassen, und es ist sehr wohl möglich, dass selbst unter der Voraussetzung der Richtigkeit seiner Vorstellung über die Verschiebungen am Cylinderkörper diese für die Sonnenrosenköpfchen gar nicht zutreffen, wodurch dann die Thatsache erklärt werden würde, dass ich keine Verschiebungen reell nachzuweisen im Stande war.

IV. Prüfung der Begriffe Verschiebung und Contact.

Die genaue Untersuchung und kritische Prüfung des Inhaltes der Begriffe Verschiebung und Contact wird ebenso nothwendig sein wie die Untersuchung der Praemissen, welche SCHWENDENER für die Entwicklung der mechanischen Blattstellungstheorie gesetzt hat. Eine klare Darstellung des Begriffes Verschiebung hat SCHWENDENER nicht gegeben; ich werde ausserdem unten zu zeigen Gelegenheit nehmen, dass er den Begriff des Contactes in doppeltem Sinne gebraucht hat, ohne sich über diesen Wechsel in der Fassung auszusprechen.

A. Die Verschiebungen.

Der Begriff der Verschiebungen ist seiner Entstehung nach ein Erzeugniss der formalen Morphologie. Damit jene Schemata, die Baupläne der Blüthen, welche man für die verschiedenen Pflanzenfamilien aus der Mannigfaltigkeit der gegebenen Formen abstrahiert hatte, gewonnen wurden, operierte man mit verschiedenen Vornahmen an den empirischen Diagrammen herum. War ein Organ zu wenig vorhanden, so erklärte man diesen Mangel durch »Abort«, waren deren zu viele beobachtet, so hatte sich ein Organ oder es hatten sich mehrere »gespalten«. Lag ein Organ nicht an der Stelle, welche es der Theorie nach einnehmen sollte, so hatte es sich »verschoben«. Solange diesem Verschiebungsprocess nur ein rein theoretischer Sinn unterlag, solange er nur die Bedeutung einer Vorstellung hatte, war eine Kritik desselben nicht wohl möglich. Je nach den Reihen der sogenannten Verwandtschaft, in welche man die verschiedenen Diagramme von Blüthen zusammengruppierte, fielen die theoretischen Interpretationen empirischer Stellungsbefunde verschieden aus; der eine Morphologe nahm Spaltungen und Verwachsungen an, wo der andere Verschiebungen sah u. s. w. Im Grunde war eine Discussion, welche die Herstellung einer einheitlichen Auffassung herbeiführen konnte, gegenstandslos, weil die Grundprincipien, von denen man ausging, keine einheitlichen waren und Beweise nicht geführt werden konnten.

Ganz anders gestaltete sich dagegen die Frage, als man sich bemühte, jene theoretisch weiter nicht anfechtbaren Verschiebungen als reelle Processe nachzuweisen. Gegen diese Behauptungen bin ich zuerst aufgetreten und habe an der Hand der Thatsachen gezeigt, dass die mit Hülfe der Payer'schen Abbildungen, nicht durch eigene Wahrnehmungen begründeten Verschiebungen keineswegs statthatten; ich zeigte damals, dass die Lagerungsverhältnisse der Organe in den Blüthen zu einander stets die nämlichen bleiben, und versuchte zugleich nachzuweisen, dass die Wachsthumsvorgänge, welche sich bei der Verschiebung vollziehen mussten, nicht vorlagen.

Der Begriff der Verschiebung in dem Sinne, dass die Organe über die Oberfläche ihrer tragenden Axen leicht und bequem die verschiedensten Wanderungen vollziehen können, war zu der Zeit, da Schwendener's mechanische Theorie der Blattstellung (1876) erschien, gang und gäbe. Man sah ganz allgemein die Möglichkeit eines Gleitens derselben für selbstverständlich an, und abgesehen von anderen Werken, begegnet uns selbst in Sachs' Lehrbuch der Begriff der Verschiebung offenbar in demselben Sinne gefasst (vergl. die Besprechung der Pandanusblattstellung).

Wir müssen uns nun die Frage vorlegen, ob Schwendener dem Begriffe der Verschiebung ebenfalls diesen Sinn untergelegt hat. Ich bin der Ueberzeugung, dass dem in der That so ist. Zunächst haben wir durchaus keinen Grund anzunehmen, dass er den Begriff »Verschiebung« mit einem anderen Inhalt begabt haben sollte als mit demjenigen, der in der Zeit lag. Hätte er mit dem Worte Verschiebung einen anderen Begriff verbunden, so würde er bei seiner klaren und präcisen Ausdrucksweise dieser Veränderung auch gedacht haben. Da er also den Begriff nicht weiter definierte, so müssen wir voraussetzen, dass er von dem damals geläufigen nicht abwich und dass er in der That von der Möglichkeit eines Gleitens der Organe über die Oberfläche der Tragaxe überzeugt war.

Für die Richtigkeit dieser Auffassung zeugt auch die Behandlung des Dachstuhlproblems. Er operiert mit Kreisen, die sich seitlich berühren, und setzt für dieselben, um sie körperlich anschaulich zu machen, Pappschachteln, Damensteine u. s. w. Diese Körper lässt er ohne Reibung unendlich leicht beweglich über jene Fläche gleiten, die er erhalten hat, indem er sich einen Cylinder längs aufgeschnitten und flach ausgebreitet denkt. Wenn nun Schwendener die mit Hülfe des Dachstuhlgesetzes gefundenen Ergebnisse auf die Organsysteme der Pflanzen übertrug, so hat diese Vornahme doch nur dann einen Sinn, wenn die Organe mit denselben Eigenschaften begabt vorausgesetzt werden, die jenen Kreisen bez. Pappschachteln, Damensteinen

u. s. w. zukommen. Unter anderen Umständen wäre die Uebertragung unzukömmlich. SCHWENDENER muss also gemeint haben, dass die Organe leicht über die Oberfläche der Tragaxen hinzugleiten vermögen, wenn auf sie ein Druck ausgeübt wird.

Man könnte nun auch denken, dass die »Verschiebungen« durch Torsionen der Tragaxe bedingt werden. Ich habe in SCHWENDENER's mechanischer Theorie der Blattstellung das Wort Torsion nur ein einziges Mal gefunden und möchte annehmen, dass er zunächst an diese Art der Verschiebungen nicht gedacht hat. In der That würde auch durch die Vereinfachung des Problems der Blattstellung, welche SCHWENDENER vorgenommen hat, indem er seine Betrachtungen der Verschiebung an die Ebene knüpft, eine Torsion mittelst eines Druckes auf die Spitze des Dachstuhls nicht zu gewinnen sein. Zu diesem Zwecke wäre nöthig gewesen, die Vertheilung der Drucke im Raume einer Analyse zu unterziehen. Die Torsion kann sich nur dadurch ergeben, dass die dritte Componente, welche man aus P. nach dem Parallelepiped der Kräfte erhält, in Rechnung gezogen wird. Als später TEITZ in dem Institut von SCHWENDENER die Frage untersuchte, auf welchem Wege aus den Divergenzen mit hochzahligen Brüchen die einfacheren bei gefördertem Längenwachsthum entstehen, trat allerdings die Torsion ins Spiel, wenn er die Veränderung auf die Zugwirkungen der Blattspuren zurückführte.

CASIMIR DE CANDOLLE* hat einen Apparat construiert, durch den man recht anschaulich nachweisen kann, dass die beobachteten Verhältnisse auch auf andere Weise sehr gut und einfach zu erklären sind. Ich habe einen ganz ähnlichen Gedanken gehabt und denselben durch Rechnung und Zeichnung** zu begründen versucht. Thatsache ist, dass alle Pflanzen mit sehr gestauchter Axe bei reichlicher Beblätterung stets sinnfällige Zeilen in höheren Zahlenverhältnissen aufweisen als Pflanzen mit gestreckten Axen. DE CANDOLLE liess sich einen Apparat construieren, welcher aus einer Axe mit so vielen senkrechten Führungsfurchen bestand, als der Nenner des Blattstellungsverhältnisses angab, das er zur Darstellung bringen wollte. Auf dem Cylinder können ebensoviele Ringe hin und her geschoben werden, welche hart genug laufen, um sie in jeder Stellung beharren zu lassen. Eine Spitze auf der Innenseite jedes Ringes greift in die Führungsfurche, sodass der Ring in der Horizontalen keine Lageveränderung erfahren kann. Er trägt ein Blatt, das genau über der Rinne angebracht ist. Man erkennt leicht, dass es mit Hülfe dieses Apparates

* C. DE CANDOLLE in Arch. sc. phys. et natur. III. sér. XXXIII. 1 (1895).
** K. SCHUMANN, Morphol. Studien. I. 78 (1892).

leicht möglich ist, die Blätter in der vertikalen Richtung in jedem beliebigen Maasse innerhalb der Länge der Axe zu verschieben, ohne dass dabei eine Abweichung in der Horizontalen eintritt. Der Apparat ist also vorzüglich geeignet, um die Vorgänge zu studieren, welche in der Anordnung der Blätter an einer Axe Platz greifen, falls dieselbe in die Länge wächst. Schiebt man alle Ringe dicht zusammen, so hat man ein Bild des noch verkürzten Sprosses; zieht man sie auseinander, so wird man die Verhältnisse zu betrachten im Stande sein, die sich an dem in der Länge gedehnten Sprosse darbieten. Sind die Blätter gross genug, dass sie sich überschichten, so sind die auftretenden Parastichen, sinnfällige Schrägzeilen, zugleich die Berührungszeilen. De Candolle hat zur Illustration das 21/55 Verhältniss gewählt. Die Axe hat also 55 Reifen, in denen ebensoviele Blätter laufen. Als Berührungszeilen erweisen sich bei engster Stellung der Ringe die 5er- und 8er-Zeilen. Werden nun die Ringe nach und nach voneinander entfernt, so rücken die Elemente der Zeile immer weiter voneinander, bis schliesslich die Berührung gelöst wird. Sind nun die Blätter hinreichend vergrössert, dass wieder zwei Contactzeilen gebildet werden können, so werden jetzt die 3er- und 5er-Zeilen die Parastichen und zugleich die Berührungszeilen bilden. Trotzdem dass also ganz andere Contactzeilen zur Beobachtung kommen, ist doch, da die Blätter ihre Divergenzen nicht verändern können, genau das ursprüngliche Verhältniss 21/55 vorhanden.

Diese Beobachtungen belehren uns, dass aus der Zahl der Berührungszeilen ein Blattstellungsverhältniss nicht fehlerlos erschlossen werden kann und dass die Annahme, eine Veränderung der Berührungszeilen ergäbe mit Sicherheit auch die Abänderung der Divergenz, irrthümlich ist. Veränderungen der Divergenzen können in letzter Linie nur durch Messungen bestimmt werden.

Ich habe gezeigt, dass die von Schwendener festgesetzten Verschiebungen oder, sagen wir besser, Divergenzänderungen, welche durch das Längenwachsthum von Sprossen erzeugt werden sollen, durch die Unzulänglichkeit unseres Auges als Messapparates zu erklären sind. Wir können ohne sehr genaue Messapparate nicht entscheiden, ob namentlich bei grösseren Entfernungen zwei Organe genau übereinander stehen oder nicht, ob sie also in eine Orthostiche fallen oder ob sie in ihren Orthostichen um ein Bogenstück auf dem Cylindermantel voneinander entfernt sind. Bleiben wir einmal bei dem von De Candolle gewählten Verhältniss stehen. In der 21/55 Stellung befinden sich die Organe f^{34} und f^{21} dem f^{0} oder f^{55} am nächsten; sie divergieren von den letzteren um 1/55 des Stammumfanges. Sitzen sie an einem Organe von 10 mm Durchmesser, so beträgt die Bogen-

grösse zwischen f^0 und f^{21} und zwischen f^0 und f^{34} $\frac{31,4}{55}$ mm = 0,5454 mm oder sagen wir rund 0,6 mm. Schon an einer solchen, doch nicht sehr dünnen Axe sind also die Blattinsertionen nur um ein äusserst geringes Maass in der Horizontalen voneinander entfernt, das bei den breiten Insertionen, mit denen die Blätter angeheftet sind, selbst an sehr verkürzten Axen bei Untersuchungen mit blossem Auge kaum noch in Betracht kommt.

Nun wollen wir annehmen, es dehnt sich dasselbe Sprosssystem derart, dass die Entfernung von f^0 bis f^{34} 30 cm beträgt. Dann wird der Richtungsunterschied zwischen dem Punkte f^{34} und der Orthostiche durch f^0 in einem Punkte von gleicher Höhe f^p ausgedrückt werden durch das Bogenstück $\frac{31,4}{55}$ = 0,6 mm. Ziehen wir eine Linie von f^{34} bis f^0, so handelt es sich darum, abzuschätzen, ob von den beiden Linien f^0 f^{34} und f^0 f^p ein Winkel gebildet wird oder ob beide zusammenfallen. Dieser Winkel hat in dem Stellungsverhältniss 21/55 folgende Grösse:

Der Umfang eines Kreises von 300 mm Radius ist 3,14 . 600 mm. Dividiere ich diesen Werth durch 0,6 mm der Bogengrösse zwischen f^{34} und f^p, so erhalte ich 3140. Die Zahl drückt aus, der wievielste Theil des Kreises 0,6 mm ist. Der ganze Kreis entspricht einem Winkel von 360°, jener Theil wird also einem Winkel von $\frac{360^\circ}{3140}$ entsprechen, d. h. 6,9 Minuten. Jedermann sieht sogleich ein, dass eine solche Grösse von dem Auge nicht abgeschätzt werden kann und dass überdies die Ungenauigkeiten in der Festsetzung der Fixpunkte an den Blättern viel zu gross sind, um überhaupt derartige Feststellungen zu gestatten. Diese subtilen Messungen würden sogar, namentlich aus dem zuletzt angeregten Grunde, mit Hülfe von genauen Apparaten kaum auszuführen sein.

B. Der Begriff des Contactes.

In den Betrachtungen über die Bewegungen, welche die lückenlos sich berührenden, kreisförmigen Scheibchen durch einen auf die Spitze des Dachstuhles wirkenden Druck erfahren, ist der Begriff des Contactes in einer ganz klaren Form gegeben. Die einzelnen Scheibchen oder Kreise stehen hier mit 4 benachbarten in Berührung. Fungieren als Contactzeilen die 3er- und 5er-Zeilen, so wird f^n berührt von f^{n+3}, f^{n+5}, f^{n-3} und f^{n-5}, wobei f^{n-3}, f^n und f^{n+3} ein Stück der 3er, f^{n-5}, f^n und f^{n+5} ein Stück der 5er-Zeile darstellen. Weichen nun nach der Schwendener'schen Auffassung die Fusspunkte des Dach-

stuhldreiecks auseinander und senken sich die Scheiben so weit, dass der Contact auch auf der Diagonalzeile herbeigeführt wird, so berühren 6 Kreise denjenigen, welcher mit f^n beziffert worden ist: es treten f^{n-8} und f^{n+8} noch in Berührung mit f^n.

Nun wird man folgender Betrachtung seine Zustimmung nicht versagen können. Wenn sich zwei oder mehrere Körper miteinander berühren, so heisst das soviel als: zwischen ihnen fehlt an der Berührungsstelle jedes scheidende Gewebe. Eine solche Auffassung liegt zweifelsohne der SCHWENDENER'schen Betrachtung zu Grunde. Er lässt die Scheiben sich unmittelbar an den Flanken in ihrer ganzen Höhe berühren, daher kann auch nicht daran gedacht werden, dass sie etwa knopfförmig befestigt seien. Wäre diese Annahme gemacht, dann könnte ein lückenloser Contact der Organe herrschen, und doch wäre zwischen den eingepflanzten Füssen ein Raum, der einen unabhängigen Zuwachs der Axe gestattete. Unter diesem Vorbehalt würde es möglich sein, dass ein Längenwachsthum stattfinden kann ohne Lösung des Contactes, solange nämlich die Incremente der tragenden Axe mit den Zuwachsmaassen der Scheiben vollkommen übereinstimmend wären. Würden die Zuwachsmaasse der Axe grösser als die der Scheiben, dann würde der Contact gelöst werden; wären aber die Incremente der Scheiben grösser als die der Tragaxe, so könnte eine Faltung der ersteren eintreten oder eine Ueberschichtung, der letztere Zustand dann, wenn die Organe übereinander wegzugleiten im Stande wären.

Sitzen aber die Scheiben mit ihrer ganzen Fläche fest und berühren sie sich, so ist vorläufig nicht abzusehen, wie einmal eine Discordanz zwischen dem Wachsthum der Scheiben an der Tragaxe und diesen selbst, ferner, wie eine Lösung des Contactes überhaupt ermöglicht wird. Ist nämlich keine Gewebezone zwischen den Scheiben vorhanden, die sich dehnen kann, so müssen auch die Scheiben bei der Dehnung in dauerndem Contacte bleiben, wobei sich selbstredend ihre Figuren verändern. Werden dagegen die Scheiben durch ein dehnungsfähiges Gewebe getrennt, so ist kein Contact vorhanden. Die Beobachtung, dass der Anlage nach lückenlos sich berührende Organe niemals auseinanderrücken, wenn auch die Dehnung, welche die Tragaxe erfährt, sehr beträchtlich ist, kann man jederzeit bei den Compositenköpfchen machen. Bei ihnen herrscht von Anfang an lückenloser Contact und er bleibt dauernd erhalten.

Mit diesen Erwägungen, dass lückenlos sich berührende Organe auch immer im Contact bleiben müssen, stehen die Erfahrungen, die SCHWENDENER von wachsenden Coniferensprossen mittheilt, im Wider-

spruch. »An jungen Laubknospen von *Abies pinsapo*«*, schreibt er, »treten durchgehends die 8er- und 13er-Zeilen am deutlichsten hervor. Nach vollständiger Entfaltung und Ausbildung sind es dagegen die 3er- und 5er-Zeilen, welche sich ungefähr rechtwinklig schneiden, und diese Zeilen bilden bis in den Sommer hinein die als Dachstuhl fungierenden Contactlinien, während allerdings später die gegenseitige Berührung der Blätter stellenweise oder durchgehends aufgehoben wird.«

Damit kein Zweifel darüber bleiben kann, dass er wirklich die Blätter in Contactlinien angereiht voraussetzt, will ich nur noch anführen, dass er das Spiel des Wechsels der Contactzeilen genau und eingehend beschreibt: »Die rechtwinklig gekreuzten 8er- und 13er-Zeilen der Knospe öffnen sich allmählich weiter, bis der Grenzwinkel von 120° erreicht ist. Dann findet Wechsel der Contact-

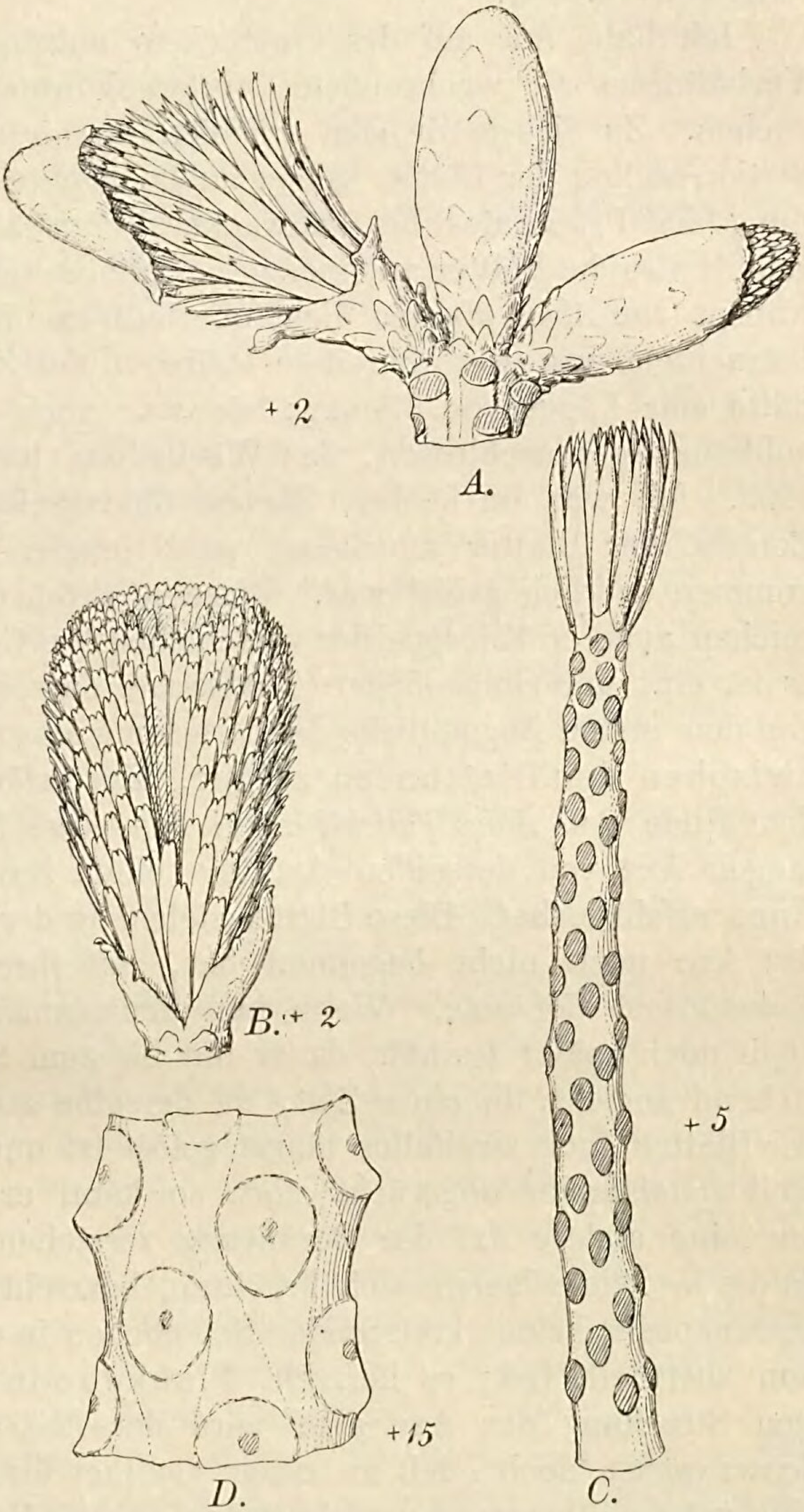


Fig. 4. *Abies Veitchii.*

A. Schleierknospe, links ist der Schleier zerrissen und wird abgeworfen. *B.* Dieselbe Knospe ohne Schleier. *C.* Dieselbe Knospe von den Blättern befreit; der Flankencontact ist aufgehoben. *D.* Ein Stück der Axe derselben Knospe.

* Schwendener, Mechanische Theorie 26.

linien statt, indem fortan die 5er-Zeilen als Gegenstreben der 8er fungieren« u. s. w.

Ich habe mir auf das ernstlichste angelegen sein lassen, diese Verhältnisse an wachsenden Coniferenknospen sorgfältig zu untersuchen. Zu diesem Zwecke erschien es mir zuerst geboten, die Insertionsstellen der Blätter genau zu beobachten und durch die Zeichnung des Präparates bei schwacher Vergrösserung festzulegen. Ich schnitt also die Blätter an einer in der allerersten Streckung begriffenen Knospe von *Abies pinsapo* dicht oberhalb der Insertionsstellen ab und betrachtete das so vorbereitete Präparat mit ZEISS II/*A*. Die Knospe hatte eine Länge von 3,5 mm; sie war noch von den Hüllschuppen vollkommen umschlossen, das Wachsthum hatte soeben erst eingesetzt. Ich war im höchten Maasse überrascht, zu sehen, dass der Contact der Blätter an diesen ganz jungen Gebilden bereits vollkommen deutlich gelöst war. Dieselbe Erfahrung habe ich bei zahlreichen anderen Knospen der verschiedensten Coniferenarten gemacht; es ist eine unbedingt sichere Thatsache, dass die Axen dieser Zweige von dem ersten Augenblicke der Streckung an ganz deutlich Lücken zwischen den Blattbasen zeigen. Zur Erläuterung gebe ich ausser dem Bilde von *Abies Veitchii* noch das eines Stückes aus der 5 mm langen Axe von derselben Art, die einen Zuwachs von noch nicht 1 mm erfahren hat. Diese Blätter stehen in der Zeit, da die Streckung der Axe noch nicht begonnen hat, mit ihren Insertionsflächen in lückenlosem Contacte. Wenn nun SCHWENDENER an einem solchen auch noch später festhält, da er ihn bis zum Sommer hinein als bestehend angiebt, in einer Zeit, da derselbe an den Insertionsflächen der Blätter doch zweifellos längst gelöst ist und die Blattbasen schon weit voneinander abgerückt sind, so kann er später unter Contact nur eine andere Art der Berührung verstehen. Während der Zeit, da die Insertionsflächen sich berühren, herrscht der Contact, welchen SCHWENDENER seinen kreisrunden Scheibchen in der Dachstuhlconstruction zuertheilt hat: es herrscht Flankencontact. Bei der geringsten Streckung der Axe aber wird derselbe aufgehoben; hält nun SCHWENDENER doch noch an einem Contact fest, so ist dies offenbar eine ganz vollkommen verschiedene Art von Berührung, nämlich diejenige, welche durch die Ueberschichtung der heranwachsenden Blätter gebildet wird; an den wachsenden Sprossen tritt an Stelle des Flankencontactes der Ueberschichtungscontact.

Beide aber, der Flanken- und der Ueberschichtungscontact, sind zwei ganz verschiedene Begriffe. SCHWENDENER hat den Beweis, dass die Berechnungen, die er für den ersteren ausgeführt hat, auch für den zweiten gelten, nicht erbracht; trotzdem aber hat er die Ergeb-

nisse seines Dachstuhlcalculs, wie aus den oben mitgetheilten Citaten hervorgeht, unmittelbar auf die sich überschichtenden Blätter übertragen. Offenbar sind die Bedingungen über die Vertheilungen von Drucken aber vollkommen andere, wenn sich diese durch seitlich lückenlos anschliessende, starre Organe fortpflanzen, denen die Möglichkeit einer seitlichen Ausweichung nicht gegeben ist, oder wenn sie gegen lange und, wie in dem vorliegenden Objecte ersichtlich, gegen seitlich leicht verschiebbare Blätter wirken. Indem SCHWENDENER diese beiden grundverschiedenen Arten des Contactes nicht auseinanderhielt, beging er offenbar einen Fehler, der die Resultate als nicht durchaus gesichert erscheinen lässt, welche er durch die Vorführung der Stellungsverhältnisse an wachsenden Nadelholzzweigen gewann.

Die Thatsache, dass an wachsenden Coniferenknospen Organe vorkommen, welche erst miteinander in lückenlosem Flankencontacte stehen, später aber voneinander entfernt sind und sich mit ihren Insertionsflächen nicht mehr berühren, steht mit einer von mir oben entwickelten Ansicht in einem offenbaren Widerspruche. Dort sagte ich, dass Organsysteme, in welchen während der Anlageperiode und in den frühesten Entwicklungszuständen Flankencontact herrscht, diesen auch nach jeder Dehnung der Tragaxe bewahren müssen. Dieser Widerspruch ist zunächst zu beseitigen oder aufzulösen. Zum Zwecke der Aufhellung dieser räthselhaften Erscheinung haben wir nur nöthig, wieder die vorliegenden Objecte zu betrachten.

Schneiden wir die Organe an einer ganz jungen Knospe von *Abies pinsapo* glatt an der Axe ab, so nehmen wir wahr, dass die Blätter mit einem umfangreichen Fusse an der Axe inseriert sind. Die Spreite tritt, wie die Betrachtung späterer Zustände lehrt, aus diesem Fusse an einer Stelle hervor, die ein wenig von dem oberen Ende, ein grösseres Stück von dem unteren entfernt liegt. Der letztere Theil verhält sich genau wie ein dehnungsfähiges Stück der Axe selbst, mit der es in der Wachsthumszunahme concordant bleiben muss; dieses Stück ist es also, welches die Auseinanderrückung der Blattinsertionen im engeren Sinne übernimmt.

Bei manchen Nadelhölzern erfahren die obere und untere Dehnungszone der Gesammtinsertionsfläche eigenthümliche Veränderungen; leistenartige Vorsprünge oder Polster von der Form eines Pyramidenstumpfes sind die Endergebnisse derselben: sie sind die bisweilen sehr in die Augen fallenden »Blattfüsse der Nadelhölzer«.

Bei den fossilen *Lepidodendren* und anderen Gewächsen sind die Blattfüsse in höchst auffallendem Maasse ausgebildet und bleiben lange erhalten, sodass man an ihnen vortrefflich sehen kann, wie die ehemaligen, im Flankencontact befindlichen Insertionen auch diesen

Contact dauernd wahren. Wie bei den Nadelhölzern bilden aber die viel kleineren Abbruchsnarben der Blätter selbst keinen Flankencontact mehr; sie sind eben durch die Dehnungszonen so weit entfernt, dass sich in den Blättern keine Contactbänder mehr, sondern nur noch sinnfällige Schrägzeilen verfolgen lassen.

Auch bei den Nadelhölzern bewahren die Blattfüsse einen lückenlosen Flankencontact. Durch die sehr viel erheblichere Dehnung im Verhältniss zu derjenigen der *Lepidodendren* rücken aber die wieder verhältnissmässig kleinen Abbruchsnarben der Blätter viel weiter auseinander als dort, sodass die sinnfälligen Schrägzeilen oder Parastichen in niedrigeren Zahlen erscheinen als bei der ursprünglichen Anreihung der Blätter. Der Begriff der sinnfälligen Schrägzeilen ist ein ganz fester. Wir verstehen darunter die Verbindungslinien der zu einander in der kürzesten Entfernung stehenden Abbruchsnarben. Wenn also SCHWENDENER davon spricht, dass sich die Contactzeilen verchieben, so ist diese Vorstellung nicht richtig; eine Veränderung tritt in den Flankencontactzeilen niemals ein, sie findet vielmehr nur in den Parastichen der Abbruchsnarben statt, welche durch die Verlängerung der Axe bez. der Blattfüsse bedingt wird. Wenn nun die überschichteten Blätter die gleichen Anreihungen zeigen, so beweist diese Veränderung nur, in welchen Irrthum wir geführt werden, wenn der Begriff des Flankencontactes durch den des Ueberschichtungscontactes ersetzt wird. Der Mantel von Blättern, welcher die Axe umhüllt, hat SCHWENDENER die frühe Lösung der Contactverhältnisse an der Axe verborgen.

Nachdem wir den Unterschied zwischen Flanken- und Ueberschichtungscontact gewonnen haben, möchte ich noch einmal dem Verhältnisse an den Nadelholzzapfen, in Sonderheit an dem von *Pinus pinaster*, nähertreten, den SCHWENDENER benutzt hat, um die Anwesenheit von Drucken durch die Abstumpfung der Apophysenfiguren nachzuweisen. Ich konnte oben die Angelegenheit nicht vollkommen erledigen, weil ich erst die Sonderung der beiden Arten von Contacten gewinnen musste.

Die Contactverhältnisse an Nadelholzzapfen sind viel complicierter, als man bisher geglaubt hat. Darauf habe ich schon oben hingewiesen, dass die Meinung SCHWENDENER's nicht zutreffend ist, wenn er die Apophysen für die Schuppen der Zapfen ansieht; diese ziehen sich vielmehr unter die unteren Apophysen bis zur Axe herab. Wollen wir uns die Contactverhältnisse klar machen, so haben wir neben den Stellungen der Apophysen noch den Ueberschichtungscontact der ganzen Schuppen und ausserdem den Contact der Insertionen an der Spindel zu prüfen.

Gegenwärtig ist die Frage noch nicht geklärt, ob nach allen Richtungen diese Contactverhältnisse übereinstimmen oder nicht, mit anderen Worten, ob die Berührungszeilen, welche die Apophysen einhalten, nach Zahl und Durchschnittswinkel, die Ueberschichtungscontacte der ganzen Schuppen und die Berührungszeilen der Insertionen an der Axe nach Zahl und Durchschnittswinkel identisch sind. Dass um die Spindel der Nadelholzzapfen lückenloser Flankencontact herrscht, habe ich oben flüchtig angedeutet.

Pinus pinaster ist für die Festsetzung der an den Nadelholzzapfen herrschenden Verhältnisse nicht günstig, weil sich die Schuppen schwierig glatt abtragen lassen und sehr breit aufsitzen, sodass wir feste Fixpunkte nicht erhalten. Viel besser sind zu diesem Zwecke die Zapfen der Gattung *Abies* zu verwenden. Betrachten wir nun die Stellungsverhältnisse der Apophysen und die der Insertionen an der Axe, so lehrt eine kurze Ueberlegung, dass entweder die Zeilenzahlen oder die Durchschnittswinkel derselben nicht identisch sein können, wenn auch vielleicht die definitive Stellung der Organe, die endliche Divergenz in beiden Verhältnissen die nämliche ist. Die drei Grössen: U, der Umfang des Besetzungskörpers, — $m:n$, das Verhältniss der Zeilenzahlen der Organe, — und der Winkel α, unter dem sich die Zeilen schneiden, stehen unter einem Abhängigkeitsverhältnisse zu einander. Die Beobachtung hat mich nun darüber belehrt, dass die Zeilenzahlen an den Nadelholzzapfen der Apophysen und der Insertionen gleich sind. Daher wird $m:n$ eine Constante c, und es wird

$$U = cf\alpha$$

Da nun U einmal die peripherische Umrisslinie des ganzen Zapfens und dann U' den Umfang der Spindel darstellt, also verschieden ist, so geht aus jener Relation unbedingt hervor, dass sich der Winkel α ändern muss, dass sich also die Contactbänder der Apophysen auf dem Zapfenmantel unter einem anderen Winkel schneiden müssen als die Contactbänder der Insertionen an der Spindel des Zapfens.

Die Thatsache ist bekannt, dass die Zapfen der Tannen im Reifezustand ausserordentlich leicht zerfallen, sie lösen sich von der Spindel ab, die in der Form eines schlanken, senkrecht gestellten Kegels auf dem tragenden Zweige stehen bleibt. Dieser Umstand macht sie für meinen Zweck sehr geschickt. Ich habe mir die reifenden, aber noch zusammenhaltenden Zapfen von *Abies alba* durch die gütige Vermittlung des Herrn Oberforstmeisters Müller in Wernigerode besorgt*;

* Ich erlaube mir noch an dieser Stelle ihm für die Liebenswürdigkeit, mit der er mich unterstützte, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

ferner benutzte ich die Zapfen von *Abies cephalonica* und *A. balsamea* aus dem hiesigen Königlichen botanischen Garten.

Ich fand an diesen Objecten als Contactzeilen der Apophysen die 3er- und 5er-Zeilen als breiteste Berührungsbänder; eine sehr schmale, schwankende, nicht immer vorhandene Berührung fand auch auf der 8er-Zeile statt, die ich nicht weiter in Betracht zog. Ich bezifferte eine Reihe von Schuppen und zog dieselben vorsichtig aus dem Zapfen, indem ich ihre resp. Zeilen an der Axe auf den Abbruchsnarben mit farbigen Punkten markierte. Betrachtete ich nun die Spindel, so ergab sich, dass an ihr die Abbruchsnarben nach denselben Reihenverhältnissen angeordnet waren, sie zeigten aber zunächst keinen Flankencontact; die Narben bildeten vielmehr nur sinnfällige Schrägzeilen.

Ich habe die obwaltenden Verhältnisse nach der Natur zeichnen lassen. Als Unterlage diente *Abies cephalonica.* In Fig. *B.* ist ein Stück des Zapfens dargestellt, auf dem die Ueberschichtungscontacte bez. die Contactbänder der Apophysen bequem überblickt werden können. Die Apophysen mit den hervorschauenden Deckschuppen sind nach den 3er- und 5er-Zeilen angereiht. Vier Schuppen f^5, f^{10}, f^{15} und f^{12} sind beziffert. Die Schenkel des Winkels, unter denen sich die Zeilen schneiden, sind durch die punktierten Linien gegeben; der Winkel beträgt mit dem Transporteur gemessen 145°. Ich führte noch einige andere Messungen aus, indem ich im cylindrischen Theile eines Zapfens einige Schuppen an genau gleichliegenden Fixpunkten mit Tinte markierte und diese auf straff umgelegtes Oelpapier übertrug. Die so erhaltenen Werthe waren niedriger; ich maass im Durchschnitt 137°. Indess ist zu beherzigen, dass man die Stellungsverhältnisse der Blätter an Axen niemals mit dem Auge des die strengsten Forderungen stellenden Mathematikers betrachten darf. Einmal sind die Messungen an den Körpern schwierig mit der nöthigen Genauigkeit auszuführen, dann aber bleibt unter Wahrung aller Vorsicht und Sorgfalt die Festlegung der Fixpunkte an den Organen bei der grossen Ausdehnung derselben immer eine missliche Sache und die Quelle von Irrthümern. Aber auch wenn es gelänge, die Mängel vollkommen zu beseitigen, so würde sich nach meinen Erfahrungen zweifellos ergeben, dass die Stellungsverhältnisse innerhalb gewisser Grenzen variabel sind und dass ganz im Allgemeinen Pflanzenorgane und mathematische Modelle zwei recht verschiedene Dinge sind.

Die Insertionen der Schuppen an der Spindel stehen bei der ersten Betrachtung untereinander nicht im Contacte (Fig. *A.*). Sie bilden vorläufig keine Contact-, sondern nur sinnfällige Schrägzeilen oder Parastichen und sind nach den 3er- und 5er-Zeilen angereiht.

Betrachtet man aber die Schuppen noch in ihrem Verbande untereinander an der Axe, etwa in einer Lücke, die man durch Abtragung einer Anzahl übereinander gestellter Schuppen gewonnen hat, so wird offenbar, dass die Organe in unmittelbarer Umgebung der Spindel

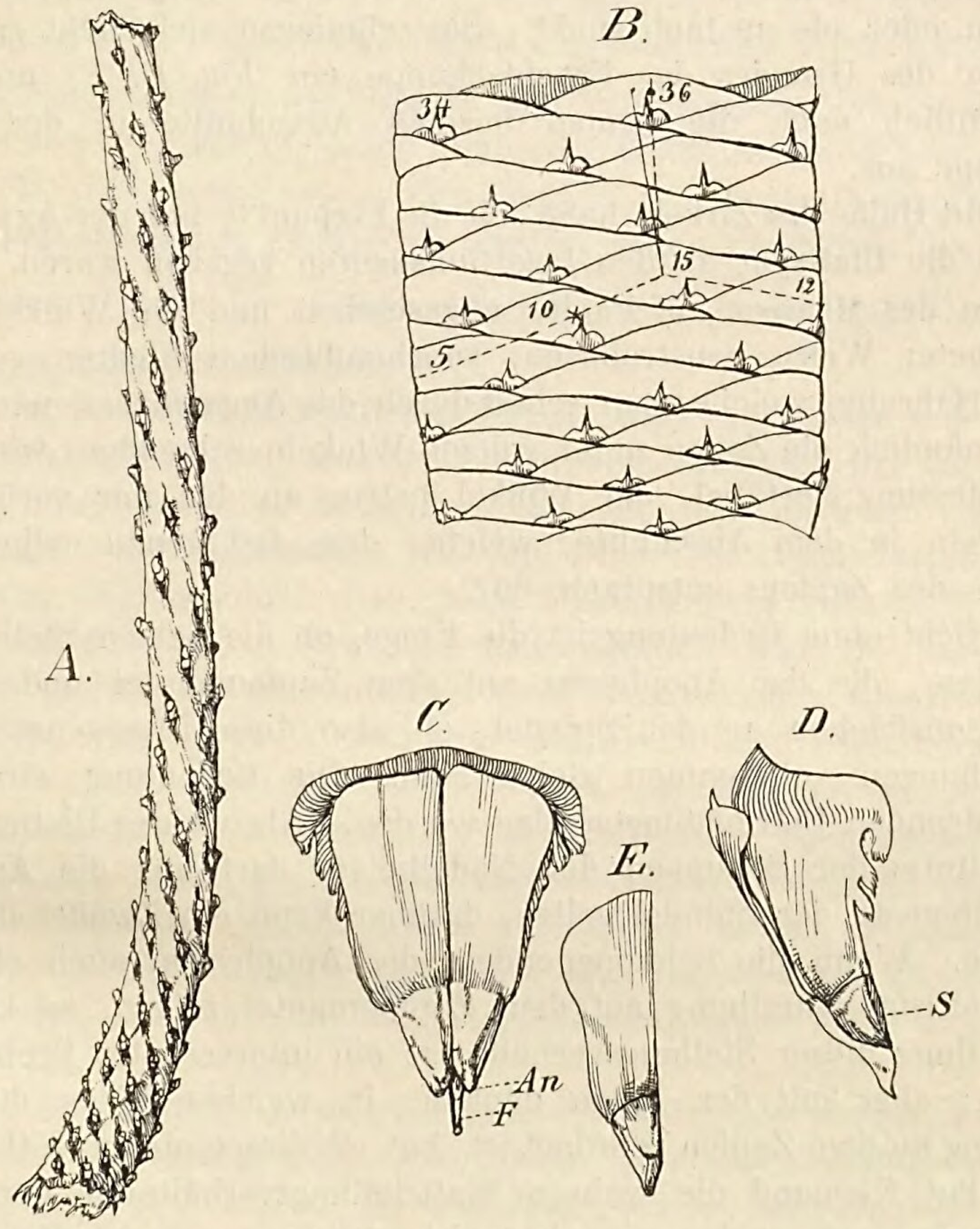


Fig. 5. *Abies cephalonica.*

A. Axe des reifen Zapfens. *B.* Der reife Zapfen mit den Schuppen. *C.* Schuppe mit den Samen, von innen gesehen. *F.* Fuss der Schuppe, *An* Abbruchsnarbe des Leitbündels. *D.* Schuppe mit Samen, von der Seite gesehen. *E.* Same.

untereinander in ausgezeichneter Weise das Verhältniss des Flankencontactes zeigen. Die Schuppen sind zunächst wieder mit einem hohen Fusse (*F.*) an der Spindel inseriert; die Ansatzstelle hat eine lanzettliche Form von 7—7,5 mm Länge in der langen Axe. Nahe am oberen Ende der Insertionsfläche tritt die Blattspur (*An*) aus der

Schuppe in die Axe hinein, und diese bestimmt umschriebene Stelle ist klein genug, dass sie einen sehr guten Fixpunkt für Messungen abgiebt. Der vollkommen lückenlose Anschluss der Organe um die Axe wird durch die beiden auf der Schuppe ruhenden Samen (*S.*) gebildet, gleichgültig ob dieselben den Embryo fertig ausgebildet enthalten oder ob sie taub sind*. Sie schmiegen sich dicht zu beiden Seiten des Grundes der Fruchtschuppe ein (Fig. *D. S*) und füllen namentlich auch die beiden basalen Ausschnitte in der Fruchtschuppe aus.

Mit Hülfe des Zirkels habe ich die Fixpunkte auf der Axe, welche durch die Blattspur an den Insertionsfiguren gegeben waren, in Vielfachen des Maasses auf Papier abgestochen und die Winkel der in geeigneter Weise construierten, subrhombischen Figuren gemessen. Die Erfahrung, welche man schon durch das Augenmaass macht, dass sich nämlich die Zeilen unter spitzen Winkeln schneiden, wird durch die Messung bestätigt; der Winkel betrug an den mir vorliegenden Spindeln in dem Abschnitte, welcher dem fast genau cylindrischen Theile des Zapfens entsprach, 60°.

Nicht ohne Bedeutung ist die Frage, ob die beiden Stellungsverhältnisse, die der Apophysen auf dem Zapfenmantel und die der Insertionsflächen an der Spindel, ob also diese Divergenzen beider Anreihungen vollkommen gleich sind. Die Bedeutung wird durch die folgenden Betrachtungen klar werden. Als wahres Blattstellungsverhältniss der Schuppen der Nadelhölzer darf nur die Anreihung derselben an der Spindel gelten, darüber kann ein Zweifel nicht obwalten. Wenn die Schuppenenden, die Apophysen, auch eine sehr regelmässige Anreihung auf dem Zapfenmantel zeigen, so kann die Ermittlung dieser Stellungsverhältnisse ein interessantes Problem abgeben; aber mit der Frage danach, in welcher Weise die Blattstellung an dem Zapfen geordnet ist, hat sie direct nichts zu thun. Bis jetzt hat Niemand die wahren Blattstellungsverhältnisse der Nadelholzzapfen untersucht, man hat sich stets nur mit der Betrachtung der Oberfläche und der Abzählung der Apophysenzeilen begnügt. Wenn nun die beiden Blattstellungsverhältnisse verschieden sind, so müssen wir das unerfreuliche Eingeständniss machen, dass wir trotz der Tausende und Abertausende von Fichten-, Kiefer- und anderen Zapfen, die seit Bravais, Schimper und Braun mit unermüdlichem Eifer geprüft worden sind, über die wirklichen taxonomischem Verhältnisse der Nadelholzzapfen noch nicht genügend unterrichtet sind.

Die Entscheidung der Frage ist keineswegs einfach, weil die Be-

* Vergl. oben S. 276.

dingungen compliciert sind, durch welche die endgültigen Apophysenstellungen zu Stande kommen. Wenn $\frac{p}{q}$, die Divergenz, abhängig ist von dem Umfange der tragenden Axe bez. dem des Zapfenmantels und einer Function des Winkels α, unter Constanz der Verhältnisse der Zeilenzahlen $\left(\frac{m}{n}\right)$, so sieht man leicht ein, dass trotz der Verschiedenheit des Durchmessers von Spindel und Zapfenumfang sehr wohl ein ganz gleicher Quotient für beide Stellungsverhältnisse resultieren kann. Wenn z. B. als Function von α, cos α eintritt, so würde, da der Cosinus der Winkel wächst, je kleiner sie werden, schon die Möglichkeit vorliegen, dass $\frac{p}{q}$ auch bei abnehmendem U doch in beiden Fällen als der gleiche Quotient erscheint.

Nun müssen wir aber doch erwägen, dass die Reihen der Apophysen abhängig bleiben von der Länge der Schuppen und von dem Winkel, unter dem die Schuppen von der Axe abstehen. Beide Grössen sind aber inconstant, wie ein Blick auf einen längsdurchschnittenen Zapfen lehrt. Bei einem Kiefernzapfen, wie z. B. dem grossen von *P. pinaster*, sieht man ganz deutlich, dass die untersten Schuppen nicht blos die kürzesten sind, sondern auch senkrecht an der Axe befestigt stehen. Während nun die Winkel allmählich abnehmen, bis die obersten Schuppen mit der Zapfenseele parallel stehen, beobachten wir bezüglich der Grösse der Schuppen zuerst eine Zunahme, etwa bis zu denjenigen Schuppen, die am unteren Viertel der Zapfenaxe sitzen. Dann nehmen sie wieder an Länge ab, sodass die oberste Schuppe an einem mir vorliegenden Exemplare 2,5 cm misst, während das Höchstmaass der Länge einer Schuppe 6 cm beträgt.

Diese Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, welche ausserordentlichen Schwierigkeiten sich einer genauen mathematischen Untersuchung des Problems in den Weg stellen. Ich bin durchaus nicht im Stande, diese Verwicklungen aufzulösen, eine Angelegenheit, die wohl rein Sache der höheren Analysis ist; ich will hier nur die Erfahrungen mittheilen, welche ich aus der Beobachtung der thatsächlich vorliegenden Verhältnisse ermittelte. An der *Abies cephalonica* fand ich mittelst Abzählung nach den 3er- und 5er-Zeilen und der gehörigen Bezifferung der Schuppen, dass f^{21} am nächsten an die Orthostiche durch f^{0} herantritt. In meiner Abbildung Fig. *B.* liegt f^{36} möglichst nahe an der Orthostiche durch f^{15}, ein Verhältniss, das mit dem erwähnten identisch ist. Eine Abweichung der Zeile f^{15}—f^{36} nach rechts zur Orthostiche durch f^{15} ist nicht zu verkennen, sodass also nur eine Annäherung an die 8/21-Stellung vorliegt. An der Zapfen-

spindel wird das Arrangement der Insertionen derselben Blätter in ähnlicher Weise wahrgenommen; auch hier liegt f^{36} nahe an der Insertion von f^{15} bez. der Orthostiche durch f^{15}, wobei mir eine Abweichung gleichsinniger Art vorhanden zu sein schien. Allerdings würde hier wegen des viel geringeren Durchmessers der Axe die gleiche Abweichungsgrösse einen bedeutend ansehnlicheren Ausschlag bedingen. Die Möglichkeit, ja vielleicht die Wahrscheinlichkeit liegt vor, dass die Divergenzen der Schuppeninsertionen an der Spindel und der Apophysen auf dem Zapfenmantel bei *Abies cephalonica* für dieselben Schuppen gleich sind, wenn man sich auch Reserve auferlegen soll, die Identität mit Sicherheit auszusprechen.

Nachdem wir uns über das Wesen des Contactes in den beiden Formen des Flanken- und des Berührungscontactes an *Abies pinsapo* genügend unterrichtet haben, wollen wir zur Untersuchung der Verhältnisse an den Zapfen von *Pinus pinaster* zurückkehren, die an einer früheren Stelle unterbrochen worden war, weil zur genügenden Erörterung der Begriff des Contactes erst geklärt sein musste. Ich habe schon vor 3 Jahren die Angelegenheit an einem wenig umfangreichem Materiale, das ich von der Riviera mitgebracht hatte, zu erledigen versucht, begrüsste aber die Gelegenheit mit Freuden, als ich in diesem Winter eine wiederholte Controlle an einer grossen Anzahl von Zapfen ausführen konnte, die Herr Ludwig Winter, der Besitzer der grössten Gärtnereien in Bordighera, unter dem Namen *Pinus maritima* mit vielen anderen Producten des Landes in Berlin zum Verkauf gestellt hatte. Die losen Zapfen fanden hier eine vielfache Verwendung bei der Kranzbinderei; an den Zweigen noch festsitzende wurden als Zimmerschmuck verkauft.

Zwischen den langen Nadeln, die bis über 20 cm Länge haben, sitzen unterhalb der Gipfelknospe der Zweige, tief verborgen, stets junge, jährige Zapfen in der Ein- oder Mehrzahl. Da die letzteren als decorative Elemente nicht in Betracht kamen, so willigte Herr Winter jun. gern ein, dass ich mir eine gute Zahl jähriger Zapfen abnahm, um sie studieren zu können. Ich sage beiden Herren für die Freundlichkeit, die sie mir bewiesen haben, den verbindlichsten Dank. Ich erwarb ausserdem einige Zweige, um junge und ausgereifte Zapfen an einer und derselben Axe zu untersuchen.

Die erste Aufgabe war, nachzuweisen, ob die reifen Zapfen in ihrer Entwicklung aus dem jährigen Zustande wirklich ein vornehmliches Längenwachsthum erfahren haben, jene Bedingung, welche neben dem Contacte die wichtigste ist, wenn die Verschiebungen im Schwendener'schen Sinne zu Stande kommen sollen. Schwendener hat befremdlicher Weise diese Frage niemals an den Objecten berührt,

welche er als Belege für die Richtigkeit seiner Erörterungen benutzte. Man kann sich bei dem Vergleich zweier Zustände, in Sonderheit auch bei den Nadelholzzapfen, keineswegs auf das Augenmaass verlassen. Die Gestalten beider Zustände sind so grundverschieden, dass man einem Irrthum sehr leicht zugänglich wird. Die jährigen Zapfen der mir bekannten Kieferarten sind nämlich ellipsoidisch, die reifen mehr oder minder schlank kegelförmig. Wie nothwendig die Messungen an solchen Objecten sind, wird aus der Thatsache hervorgehen, dass die Zapfen der gemeinen Kiefer, des Knieholzes und der *P. Massoniana* wirklich nur ein sehr wenig gefördetes Längenwachsthum zeigen: bei jenen beiden betrug im Durchschnitt das Zuwachsmaass in der Länge das 4fache, in der Breite das 3,5fache der Anfangsgrösse; die *P. Massoniana* zeigte sogar, ebenfalls im Durchschnitte aus 10 Messungen, ein um $^1/_{10}$ höheres Wachsthum in die Dicke.

Um den Durchschnitt für die Zuwachsmaasse von Länge und Durchmesser bei den Zapfen von *Pinus pinaster* zu ermitteln, bestimmte ich an 10 jährigen und an 10 reifen Zapfen die Länge und den Durchmesser; ich fand in Millimetern ausgedrückt an den jährigen Zapfen folgende Verhältnisse:

1. 31 : 16, 2. 21 : 16, 3. 24 : 13, 4. 25 : 16, 5. 25 : 15. 6. 25 : 17, 7. 21 : 14, 8. 25 : 15. 9. 17 : 15, 10. 15 : 15.

An den ausgewachsenen Zapfen fand ich, sämmtlich in geschlossenem Zustande gemessen:

1. 120 : 45, 2. 140 : 52, 3. 135 : 50, 4. 120 : 48, 5. 135 : 50, 6. 140 : 50, 7. 140 : 50, 8. 130 : 50, 9. 130 : 50, 10. 140 : 45.

Aus diesen Zahlen ergab sich zunächst als Mittelmaass für das Verhältniss Länge : Durchmesser bei den einjährigen Zapfen 1,5, bei den zweijährigen 2,7. Diese beiden Verhältnisse zeigen an, dass die Verschiebung nach Schwendener's Auffassung eintreten kann, denn es findet ein vornehmliches Längenwachsthum statt.

Die zweite Frage, welche nun zu stellen war, hiess: Findet an den Zapfen im Laufe der Entwicklung aus dem jährigen bis zum Reifezustande eine Veränderung der Divergenzen in den Apophysen wirklich statt? Auch diese Frage hat Schwendener nicht direct beantwortet; er giebt nur an, dass Veränderungen in den Berührungszeilen statthaben, aus denen er Verschiebungen der Apophysenrhomben oder, was dasselbe ist, Divergenzveränderungen erschliesst.

In der Heimath der *Pinus pinaster* würde es nicht schwer sein, festzustellen, ob die Verschiebungen eintreten oder nicht. Man hätte nur nöthig, an bestimmten, gezeichneten jährigen Zapfen die Divergenz

durch Abzählen der Apophysen und Beziffern derselben zu ermitteln. Nachdem dieselben herangereift sind, müssen die Divergenzen von neuem festgesetzt werden. Ich war zu dieser Vornahme nicht befähigt und musste daher meine Zuflucht zu dem losen Materiale nehmen, indem ich die Stellungen der Apophysen an jährigen und reifen Zapfen miteinander verglich.

Zu diesem Zwecke waren noch zwei Punkte ins Auge zu fassen: Einmal musste ich eine ganz bestimmte, in beiden Zuständen bequem auffindbare Zone suchen, in der die Blattstellungen der Apophysen geprüft wurden. Die Bezeichnung »im mittleren Theile des Zapfens« schien mir nicht genau genug. Bisher ist nämlich noch nicht festgestellt worden, dass die Mitte des Zapfens genau dieselben Schuppen der Ziffer nach an jährigen und reifen Zapfen umfasst. Die verschiedenen Formen der Zapfen im jährigen und Reifezustande erweckten in mir den Gedanken, dass durch die Wachsthumsverhältnisse Veränderungen nicht ausgeschlossen seien. An einem 3 cm langen, jährigen Zapfen fand ich genau in der Mitte eine Apophyse mit der Ziffer f^{107}; an einem entsprechend grossen, 14 cm langen, reifen Zapfen lag genau in der Mitte die Apophyse mit der Ziffer f^{169}. Ich wählte daher eine engere Grenze, indem ich auf einer der 13er-Zeilen vom Grunde des Zapfens aufstieg, das siebente Blatt fixierte und mittelst eines angelegten Lineals diejenige erste Schuppe bez. diejenige erste Apophyse markierte, welche mit $f^{7 \times 13} = f^{91}$ in die Orthostiche fiel. Als Fixpunkt wählte ich die Mitte des Apophysennabels. Ich bin mir vollkommen bewusst, dass mit dieser Festsetzung einer gewissen Apophyse f^{91} noch eine kleine Unsicherheit oder Ungenauigkeit unterläuft: Wenn ich nämlich auf einer beliebigen 13er-Zeile aufsteige, so ist damit nicht gesagt, dass ich gerade diejenige erfasst habe, welche mit der Anfangsschuppe des Systems beginnt. Ich habe mich aber überzeugt, dass innerhalb der Grenzen von $f^{7 \times 13} - f^{8 \times 13}$, d. h. $f^{91} - f^{104}$ und den ersten, in ihren Orthostichen liegenden Schuppen keine Divergenzvariationen vorkommen, und durfte deswegen als Anfangsschuppe für die Zonenbestimmung eine beliebige, zwischen f^{0} und f^{13} liegende Apophyse wählen. Der zweite Punkt, welcher zu erledigen war, wenn ich einen Vergleich der Divergenzen an beiden Zuständen vornehmen wollte, betraf die Frage der Constanz in den Stellungsverhältnissen beider Zustände. Ich benutzte zu diesem Behufe die obenerwähnten Sätze zu je 10 Stück Zapfen und fand an den jährigen Zapfen die Wiederkehr ein und derselben Divergenz an 9 Zapfen, nur ein einziger machte hiervon eine Ausnahme. Unter den 10 reifen Zapfen wiesen nur 8 ein constantes Stellungsverhältniss auf; 2 zeigten sich als atypisch, wie ich mich ausdrücken will.

Wenn nun in beiden Zuständen ein so hoher Procentsatz wiederkehrender Verhältnisse vorkommt, so ist offenbar ein Vergleich beider gestattet. Die Divergenz an den jährigen Zapfen betrug in 9 Fällen $^{13}/_{34}$, der letzte Zapfen zeigte $^{21}/_{55}$; als Divergenz an den 8 reifen Zapfen ermittelte ich wieder $^{13}/_{34}$, von den beiden anderen hatte der eine $^{21}/_{55}$, der andere $^{14}/_{42}$-Stellung. Aus dieser Beobachtung geht für mich mit Bestimmtheit hervor, dass die Apophysen der Zapfen von *Pinus pinaster*, trotz des bevorzugten Längenwachsthums während ihrer Entwicklung aus dem einjährigen in den Reifezustand, keine Divergenzänderung erleiden, dass also eine Veränderung der Berührungszeilen den Ziffern nach und somit eine Verschiebung der Apophysen nicht statthat.

Die Zone, welche ich für die Feststellung der Constanz der taxonomischen Verhältnisse gewählt habe, umschliesst SCHWENDENER's mittleren Theil des Zapfens von *Pinus pinaster*, denn innerhalb desselben vollzieht sich jener Process der Annäherung der Apophysenrhomben, die allmählich zur Abstumpfung der scharfen Winkel führen soll. Eine kleine Correctur an dem Diagramm* sei noch gestattet. Wenn nämlich die Berührung der Apophysen auf der 3er-Zeile so weit stattgefunden hat, dass die gemeinsame Linie zwischen zweien, wie dort zwischen f^5 und f^8, eine Grösse von knapp 2 mm erreicht hat, so wächst dieselbe im Allgemeinen, wie ich an allen mir vorliegenden Zapfen festgestellt habe, zwischen den in aufsteigender Reihe folgenden Apophysen. Sie erreicht zwischen den von SCHWENDENER gezeichneten Apophysen f^{26} und f^{29} niemals weniger als 4 mm, bisweilen beträgt sie aber 7 mm; allerdings giebt es auf dem Verlauf der 3er-Zeilen hier und da Verminderungen in den Grössen der Berührung, auf die Entfernung aber von $f^0 - f^{29}$ wird die Unregelmässigkeit der Zunahme eliminiert. Die Linie, welche die Berührung von f^{26} und f^{29} in SCHWENDENER's Diagramm wiedergiebt, ist meinen Aufnahmen zufolge zu kurz.

Die Beobachtung, welche SCHWENDENER gemacht hat, dass in dem »mittleren Theile des Zapfens«, also in der Zone zwischen $f^{7 \times 13}$ und $f^{7 \times 13 + 34}$ die spitzen Winkel der Apophysen an dem jährigen Zapfen noch weit voneinander abstehen (Fig. 6 *D*), während sie sich an dem reifen Zapfen berühren (Fig. 6 *C*, zweite Reihe) und »abstumpfen«, ein Verhältniss, das er bildlich dargestellt hat, ist vollkommen zutreffend. Ich habe mich an sämmtlichen jugendlichen und reifen Zapfen, die mir zur Verfügung standen, von der Richtigkeit überzeugt.

* SCHWENDENER in Sitzungsberichten der Berl. Acad. XXXII, t. 8, Fig. 4.

Ich muss aber für meine Beobachtung, dass in einem ausserordentlich hohen Procentsatz von Zapfen die Wiederkehr der $^{13}/_{34}$-Stellung stattfindet, ebenfalls die Richtigkeit unbedingt in Anspruch nehmen. Wenn also SCHWENDENER meint, dass die Annäherung der

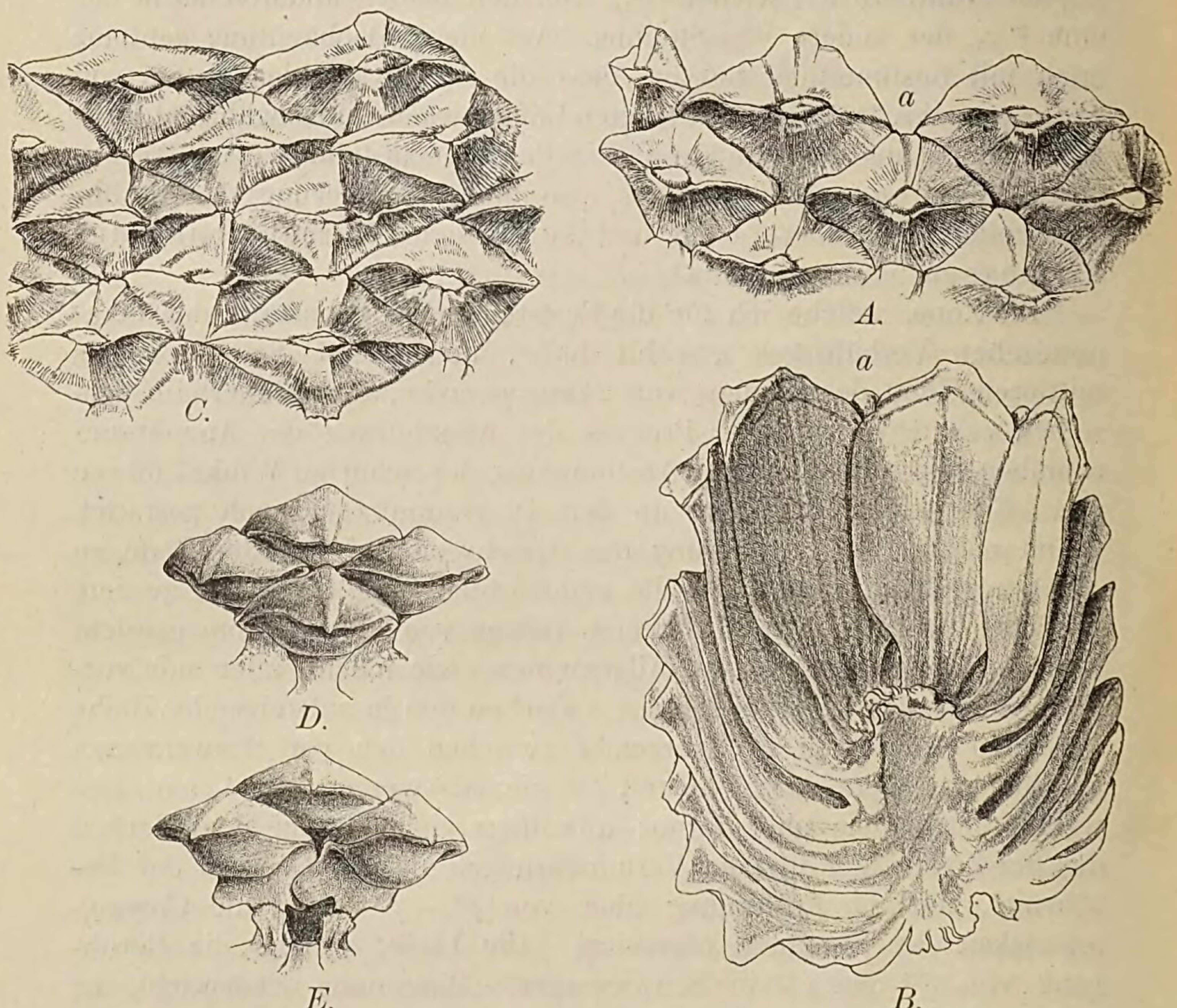


Fig. 6. *Pinus pinaster.*

A. Apophysensystem eines ausgebildeten Zapfens, von aussen gesehen; bei *a* berühren sich die Apophysen noch nicht. *B.* Dasselbe von innen gesehen; dieselben Apophysen übergreifen einander weit am Grunde. *C.* Ein anderes Apophysensystem; auf der 3er-Zeile zeigt es Uebergreifungen der spitzwinkligen Apophysenwinkel und Lücken zwischen ihnen. *D.* Apophysensystem eines jugendlichen Zapfens, Contact auf der 13er-Zeile, auf der 3er-Zeile stehen die Apophysen weit auseinander. *E.* Dasselbe System, die unterste Schuppe ist zurückgebogen, um zu zeigen, dass sich die Schuppen auf der 3er-Zeile übergreifen.

Apophysen auf der 3er-Zeile und die endliche »Abstumpfung« der spitzen Rhombenwinkel durch eine Verschiebung der Berührungsbänder hervorgerufen würde, so kann ich diesem Gedankengange

nicht zustimmen, weil die Divergenz gleich bleibt. Wie ist nun der Widerspruch zu lösen?

Man wird leicht einsehen, dass eine Annäherung der spitzen Apophysenwinkel auf doppeltem Wege zu Stande kommen kann: Einmal dadurch, dass eine Verschiebung, hervorgebracht durch die Gleitbarkeit der Schuppen auf der Tragaxe stattfindet, und zweitens dadurch, dass die Schuppen an den Orten der Insertion feststehen bleiben, dass aber ihre Flanken sich seitlich vergrössern und aufeinander zuwachsen. Räume sind für diese Ausdehnung vorhanden, wie der Augenschein lehrt (Fig. 6 *D*). Auch Schwendener hat sie auf seinem Diagramm der jährigen Zapfen angedeutet, die Räume sind aber noch weiter, als man nach seiner Zeichnung annehmen sollte.

Schwendener hat sich damit begnügt, den jährigen Zapfen nur nach den Verhältnissen zu betrachten, welche auf der Oberfläche sichtbar sind, und ist bis zur Axe desselben nicht eingedrungen. Schneidet man einen solchen der Länge nach auf und biegt vorsichtig, von der Durchschnittsfläche ausgehend, die Schuppen dergestalt um (Fig. 6 *E*), dass der ursprüngliche Contact mit voller Sicherheit wiederhergestellt werden kann, so gelingt es leicht, nachzuweisen, dass in derjenigen Gegend, in welcher sich die spitzen Apophysenwinkel noch gar nicht berühren, sondern 2, ja sogar 3 mm, weiter also als in dem Schwendener'schen Diagramm (Fig. 3) voneinander entfernt sind, schon auf der 3er-Zeile am Grunde Ueberschichtungscontact der Schuppen vorliegt. Während also bezüglich der Apophysen an jährigen Zapfen neben den breitesten Contactbändern nach der 5er- und 8er-Zeile auch die 13er-Zeile oben als Berührungsband deutlich sichtbar ist, wird am Grunde der Schuppen durch die Uebergreifung derjenigen, welche sich in den Ziffern durch 3 unterscheiden, ein Ueberschichtungscontact auf der 3er-Zeile beobachtet.

Um nun zu zeigen, dass wirklich ein Breitenwachsthum in den Schuppen und auch in den Apophysen während der Entwicklung des Zapfens aus dem jährigen zum Reifezustand eintritt, maass ich die beiden Apophysendiagonalen gleichgelegener bez. gleichbezifferter Schuppen. Ich berücksichtigte selbstredend die Thatsache, dass sowohl an den jährigen wie an den reifen Zapfen die Apophysen keine Flächen, sondern einer abgestumpften Pyramide ähnliche Körper sind. Ich stach die Entfernungen an den Apophysen der jährigen Zapfen mit dem Zirkel ab und übertrug die Maasse in 7facher Vergrösserung auf Papier. Aus dieser Messung erhielt ich für die Makro- und Brachydiagonale die gleichen Werthe 3,4 mm. An den Apophysen der reifen Zapfen maass ich dagegen für die erstere 20 mm, für die letztere 14 mm. Diese Zahlen sprechen deutlich dafür, dass während des Wachsthums

des Zapfens die Apophysen, und ich füge hier gleich dazu, auch die Schuppenbasen eine erhebliche Verbreiterung erfuhren, in die vorhandenen Lücken hineinwuchsen und durch Berührung bez. »Abstumpfung« der spitzen Apophysenwinkel aus dem lockeren System der jährigen Zapfen ein geschlossenes, interstitienloses System an den reifen Zapfen bildeten.

Die Apophysen dehnen sich in der Querrichtung ganz den zur Verfügung stehenden Räumen entsprechend aus. Diese Lücken zwischen den Organen auf der 3er-Zeile sind aber nicht gleich, noch nehmen sie in genau gesetzmässiger Folge nach oben hin ab, wie aus der directen Beobachtung hervorgeht. Auch an dem reifen Zapfen ist dieselbe Erscheinung wahrnehmbar. Ich habe die Entfernungen der spitzen Apophysenwinkel in der Nähe des Berührungspunktes derselben auf der 3er-Zeile an einem Zapfen mit dem Zirkel sorgfältig abgestochen und die erhaltenen Werthe in Millimetern ausgedrückt zusammengestellt:

$f^0 - f^3$, $f^3 - f^5$, $f^5 - f^8$, $f^8 - f^{11}$ $f^{81} - f^{84}$ waren entfernt von einander

6, 5, 4, 3, 5, 4, 0 — 1, 1, 2, 2, 0, 3, — 2, — 2, — 1, — 2, 0, 0, — 2, — 3, — 3, — 2, 0, 0, — 2, — 3, — 4 mm.

Die 0 giebt an, dass Berührung der spitzen Apophysenwinkel, die mit — behafteten Zahlen deuten an, dass Uebergreifung derselben stattfand. Auch an anderen Zapfen habe ich die Entfernungsmaasse auf der 3er-Zeile nachgeprüft und ohne Ausnahme zwar eine endliche Zunahme der Annäherung, aber niemals eine streng gesetzmässige gefunden; überall sprangen gelegentlich die Werthe zurück (vergl. Fig. 6 *C* in der zweiten Reihe).

Zum Schluss über die Untersuchung des Begriffes Contact will ich noch der Frage nähertreten, warum gerade die Apophysen von *Pinus pinaster* den Anschein erwecken können, dass durch Druck eine Abstumpfung der spitzen Apophysenwinkel auf der 3er-Zeile eintrete. Offenbar liegen an den Kieferzapfen ganz besondere Verhältnisse vor, denn bei der Betrachtung eines Fichten- oder Tannenzapfens, die doch ganz die nämlichen Verhältnisse aufweisen müssen wie jene, wird schwerlich jemand zu einer analogen Vorstellung kommen. Ich habe schon oben gezeigt, dass alle Schuppen, deren Apophysen sich auf der 3er-Zeile berühren und schliesslich in weitergehende Uebergreifung treten, Ueberschichtungscontact und zwar in viel höherem Maasse zeigen, als durch die Apophysenberührung angedeutet wird. Dieses Verhältniss wächst an reifen Zapfen, wie Fig. 6 *A* u. *B* bei *a* zeigen, wo die Apophysen noch 2—3 mm voneinander entfernt sind, während sich die Schuppenbasen schon um ebensoviel Millimeter übergreifen.

Die Meinung einer Abstumpfung der Apophysen wird nur hervorgebracht durch die starke Ausbildung derselben zu einem Körper, der ungefähr die Form einer abgestumpften Pyramide hat. Die Seiten der letzteren fallen aber nicht in gleichmässiger Neigung ab; diese wird vielmehr auf den beiden oberen Kanten unmittelbar über der Basis viel steiler, sodass besonders an den Stellen, an welchen die Berührung der spitzen Apophysenwinkel hergestellt wird, eine tiefe Furche die Ecken der Apophysen scheidet. Eine senkrechte Abstumpfung findet aber an der Uebergreifungsstelle niemals statt. Man hat nur irgend eine Schuppe von *Pinus pinaster* frei zu präparieren, um sich zu überzeugen, dass die Apophysenkante unter gerade fortlaufender Richtung in den von den unteren Apophysen verdeckten Theil der hier stets verbreiterten Schuppe übergeht; eine Knickung der Apophysenkante findet auf ihrer ganzen Ausdehnung, also auch an der Uebergreifungsstelle, nicht statt. Hier walten vielmehr ganz dieselben Verhältnisse ob wie an den Stellen, an welchen eine breitere Berührung der Apophysen sich findet.

Alle Zapfen von Kiefern können die Meinung einer solchen Abstumpfung aus den oben erörterten Ursachen nahelegen, weil sie sämmtlich pyramidenförmige Aufsätze auf den Apophysen zeigen. Bei der Gattung *Picea* und *Abies* sind keine Apophysenverzierungen vorhanden; ausserdem tauchen die Apophysen unter minder steilen Winkeln in den durch die unteren Apophysen verdeckten Theil des Zapfens unter, sodass die Vorstellung einer senkrechten Abstumpfung gar nicht Platz greifen kann.

V. Die mechanischen Bedingungen der häufigen Wiederkehr der Zeilen nach den Zahlen der Hauptreihe.

Die überraschendste und merkwürdigste Thatsache in der ganzen Lehre von den Blattstellungen bleibt für mich die häufige Wiederkehr der Zahlen der Hauptreihe in den Stellungsverhältnissen, sei es nun, dass dieselben angeben, wieviele Schrägzeilen an einem System auftreten, sei es, dass diese Zahlen als Zähler und Nenner in den Divergenzbrüchen functionieren, denen sich die Stellungsverhältnisse nähern, ohne sie allerdings stets zu erreichen. Wenn wir uns die Zapfen der Nadelhölzer, Cycadaceen und Palmen, die Körper der Mamillarien und gewisser Echinocacteen u. s. w. betrachten und mit fast apodictischer Gewissheit, ohne dieselben genau untersucht zu haben, voraussagen können, dass die sorgfältige Abzählung der sinnfältigsten Organzeilen ganz bestimmte Reihenziffern ergeben wird, so ahnt Jedermann ein in der Natu der Dinge liegendes Gesetz. Selbst

auf den Laien, der von den Blattstellungsverhältnissen keine Kenntniss hat, verfehlt die regelmässige Wiederkehr dieser Zeilen niemals ihre Wirkung, wenn ihm ein Tannenzapfen oder eine *Mamillaria* in die Hand gegeben wird und er selbst diese Reihen regelmässig findet.

Bisher hat nur eine Theorie der Blattstellungen die Behauptung aufgestellt, diese Wiederkehr der Zahlen aus der Hauptreihe befriedigend erklären zu können, und ich gestehe gern ein, dass gerade die von SCHWENDENER gegebene mechanische Erklärung der Erscheinung auf meine Auffassung über die mechanischen Beziehungen der Organe untereinander von der grössten Bedeutung war. Wenn die Thatsache richtig ist, dass bei der allmählichen Verkleinerung der Organe die Contactzeilen nach den Zahlen der Hauptreihe fortschreiten müssen, so ist wirklich ein Fortschritt in der Erkenntniss über die Blattstellungen erreicht, der ohne Gleichen ist. Dann kann SCHWENDENER's Theorie in der That mit Recht den Anspruch erheben, dass sie eine mechanische ist, auch wenn sich der andere Theil derselben, welcher von den Verschiebungen der Neubildungen durch differentes Längen- und Dickenwachsthum handelt, fallen gelassen werden müsste.

SCHWENDENER* hat zur Begründung seiner These ein Diagramm entworfen, in welchem er die Verhältnisse von allmählich sich verkleinernden Kreisen unter Voraussetzung allseitiger Berührung innerhalb des Rahmens eines aufgeschnittenen und flach ausgebreiteten Cylindermantels graphisch zur Darstellung gebracht hat. Die Wichtigkeit der These gestattet wohl, dass dieses Diagramm einer allseitigen Prüfung auf seine Richtigkeit unterzogen werden darf. Die Organe bez. die immer kleiner werdenden Kreise sind mit Ziffern belegt, aus denen klar und ohne Zweifel hervorgeht, dass die eigenthümlich gekrümmten Berührungszeilen seines Diagrammes in Wirklichkeit Organe mit solcher Bezifferung begreifen, die ausnahmslos auf die Hauptreihe hinweisen. Somit wäre die Angelegenheit scheinbar erledigt! Trotzdem möchte ich doch noch auf einige Punkte hinweisen, die für mich noch einer weiteren Aufklärung oder einer zukünftigen Correctur bedürfen, ehe ich die Ueberzeugung gewinnen kann, dass das Problem von der häufigen Wiederkehr der Zeilenzahlen nach der Hauptreihe endgültig erledigt ist.

Das System stellt einen bestimmten Fall dar mit besonderen Anfangsbedingungen; in der Stellung der ersten Blätter ist nämlich SCHWENDENER von den Bedingungen des lückenlosen Contactes abgewichen, ohne dass er angegeben hat, warum er diese Abweichung machte. Von f^3 an herrscht lückenloser Contact, der sich zunächst bis f^8 auf

*) SCHWENDENER in Sitzungsber. Berl. Akad. XXXII. t. 8. Fig.

der 1er- und 2er-Zeile verfolgen lässt. Zwischen f^0 und f^2 ist aber die Berührung auf der 2er-Zeile aufgehoben.

Bei der Betrachtung des Diagrammes erkennen wir aber sofort, dass nur dann überhaupt eine Verkleinerung des Organes f^3 bei lückenlosem Contact gestattet ist, wenn die Berührung zwischen f^0 und f^2 nicht stattfindet. In dieser Besonderheit liegt das Moment, dass hier ein specieller Fall ins Auge gefasst ist. Wenn sich nämlich die Kreise f^0 rechts und links, f^1, und f^2 rechts und links lückenlos berühren, so muss der Kreis f^3 von gleichem Durchmesser sein mit demjenigen der übrigen unter sich gleichen Kreise, denn der innere Kreis wird dann von 5 bez., wenn f^3 unten mitgerechnet wird, von 6 Kreisen berührt, die unter sich und mit dem inneren Kreise gleichen Durchmesser haben müssen.

Ist nun diese Augangsstellung von f^0—f^3 gegeben, so kann sich diese Anreihung nur unendlich fortsetzen, eine Verkleinerung der Organe ist bei lückenlosem Contact unmöglich; das Endergebniss wäre also ein System von alternierend zweizeiligen Organen.

Unter den von Schwendener gesetzten Bedingungen, also zunächst der Aufhebung des Contactes zwischen f^0 und f^2, kann eine allmähliche Verkleinerung der Kreise eintreten. In dem Ausdruck »allmählich« vermisse ich aber die wünschenswerthe Präcision; welche Grösse wird durch »allmählich« ausgedrückt? Zudem muss berücksichtigt werden, dass die Grösse des Radius von f^3 streng limitiert ist, und diese Bestimmung kann unter Umständen eine Grösse ergeben, die wohl nicht mehr mit dem Begriff einer allmählichen Verkleinerung harmoniert. Die Grösse des Radius von f^3 ist abhängig von dem Radius der Kreise f^0—f^2 und von dem Umfange des Systems, also der Linie f^0—f^0. Von beiden ist auch abhängig die Grösse der Entfernung von f^0 und f^2 und die Entfernung der beiden Kreise f^2 rechts und f^2 links. Wird $U = 2r$, so berühren sich dieselben; ist U etwas grösser als $2r$, so kann die Entfernung der beiden Kreise so klein werden, dass der Mittelpunkt von f^3 unterhalb des Mittelpunktes von f^2 zu liegen kommt und der Radius von f^3 so klein wird, dass von einer allmählichen Abnahme nicht mehr gesprochen werden kann.

Strenggenommen zeigt also, wenn sonst alle Verhältnisse zutreffend sind, das Diagramm nur die Thatsache, dass für eine bestimmte Aufhebung des Contactes und für ein bestimmtes U und r die Zeilen der Hauptreihe bei allmählicher Verkleinerung der Organe resultieren. Unsere Ueberlegung hat uns also klar gemacht, dass die Richtigkeit der Demonstration nur innerhalb enger Grenzen Gültigkeit hat.

Ausserdem möchte ich noch darauf hindeuten, dass Schwendener

die Bedingung einer allmählichen Verkleinerung der Organe nicht überall innegehalten hat; denn f^6 links, f^7, f^8, f^9 haben gleichen Durchmesser, f^{10} hat sprungweise einen um 2 mm kleineren Durchmesser.

Wir haben aber noch andere Verhältnisse ins Auge zu fassen. Alle Zeilen des Diagrammes sind Curven und zum Theil complicierter Natur, indem sie nicht gleichmässig verlaufen, sondern einen Wendepunkt haben. Dieser tritt deutlich hervor auf der 1er-Zeile von f^1—f^7, ferner auf den 3er-Zeilen f^8—f^{20} und f^{10}—f^{25}.

Was will nun die Thatsache besagen, dass die Berührungszeilen von Organen auf einer ausgebreiteten Cylinderfläche Curven bilden? Sie zeigt an, dass die Divergenzwinkel zwischen den Organen der Zeilen variabel sind und keine Constanz einhalten. Die Divergenzwinkel müssen allerdings veränderlich sein, wenn sich die Organe verkleinern, weil sich eben dann die Blattstellungsverhältnisse ändern; die Ausgangsstellung in dem Diagramme mit dem Divergenzwinkel = 180° wird später zu einem solchen, der dem Grenzwerthe der Hauptreihe 137° 30′ 28″ naheliegt. Nach dieser Richtung hin ist ein Einwand nicht zu erheben! Wohl aber giebt uns die Thatsache zu Bedenken Anlass, dass, wenn die Contactzeilen überhaupt einmal Curven sind, die Zeilen nach der Verkleinerung der Organe in dem definitiv erlangten Systeme niemals zu geraden Linien werden können. Diese Forderung muss aber an ein gesetzmässiges Blattstellungssystem auf einem Cylinder gestellt werden, dessen erste Bedingung ist, dass die Divergenzwinkel der Organe auf der Einerzeile constant sind. Organsysteme mit inconstanten Winkeln sind mir allerdings bei spiraligen Anreihungen bekannt; sie finden sich an sehr blattreichen Stauden, wie an einigen Arten von *Epilobium* und *Euphorbia*, ferner an den Blüthenständen von *Aesculus parviflora* Walt. (*A. macrostachya* Mchx). Diese haben aber für eine mechanische Theorie der Blattstellung vorläufig gar kein Interesse und dürfen namentlich für ein solches Diagramme, wie es Schwendener entworfen hat, nicht in Betracht kommen.

Ueber die Thatsache, dass Schwendener an seinem Diagramm stets Zeilen nach der Hauptreihe erhalten hat, ist kein Zweifel. Eine andere Frage aber ist die, ob Schwendener, ganz abgesehen von den gekrümmten Zeilen, in dem oberen Theile seines Diagrammes mit kleinen, gleichen Kreisen wirklich ein nach allen Richtungen hin gesetzmässiges Organsystem erhalten hat. Die Bezifferung der Organe in einem System kann auf doppelte Weise geschehen: einmal ist sie nach der von Schwendener vorgenommenen Methode möglich, indem die Zeilenzahl festgestellt wird und die Ziffern in die Organe, welche eine Zeile bilden, aufsteigend nach Vielfachen dieser Zahl eingetragen

werden. Die zweite Art der Bezifferung kann dadurch geschehen, dass die Insertionshöhe der Organe bestimmt wird und dass denselben ihre Ziffern nach den laufenden Zahlen eingeschrieben werden. Diese Bezifferung ist eine Controlle für die Richtigkeit der ersten Methode.

Um das Diagramm auf die Richtigkeit hin zu prüfen, habe ich diese Controlle vorgenommen. Ich habe in gleichen Abständen von den Fusspunkten des Diagrammes, von f^0 rechts und f^0 links also, eine Linie durch den Cylindermantel gelegt und zu dieser Linie nach dem oberen Ende aufsteigend parallele Linien gezogen, die je 1 mm voneinander entfernt waren; ich erhielt hierdurch Maasslinien für die Insertionshöhen der Organe. Die vorgenommenen Messungen ergaben mir einige bemerkenswerthe Resultate: Zunächst stellt sich heraus, dass f^{41}, f^{42}, f^{43} und f^{44} in derselben Höhe inseriert sind; dasselbe gilt ziemlich genau von f^{48}, f^{50} und f^{52} und von f^{56}, f^{58} und f^{60}. Dagegen liegt f^{54} links in der Verlängerung von der Zeile f^{34}, f^{39}, f^{44}, f^{49} viel tiefer als f^{49} auf der Dreierzeile f^{40}, f^{43}, f^{46}; ferner hat f^{56} eine Insertion über f^{57} und f^{63} über f^{65}, ja f^{68} liegt sogar nur sehr wenig höher als f^{61}.

Aus diesen Wahrnehmungen geht hervor, dass in der endlich erlangten Stellung gleich grosser Organe oder in der Nähe derselben zwar die Organe nach den Zeilenzahlen richtig, nach den Insertionshöhen aber unrichtig beziffert sind. Das ist das Resultat, welches ich aus dem Diagramm ablese. Vielleicht wird der eine oder andere Umstand durch eine sorgfältigere Ausführung der Zeichnung, die manches zu wünschen übrig lässt (vergleiche die Lage der Mittelpunkte der Kreise von f^0, die Grösse der Kreise f^6 rechts und links, die Höhe der Insertion von f^{10} und f^{49} rechts und links u. s. w.) eliminiert; die Zeichnung, wie sie gegeben ist, muss aber als Unterlage für die Kritik dienen, die geübt wird. Der wichtigste Punkt aber, die Nothwendigkeit der Krümmung der Contactzeilen, wird auch durch eine genaue Zeichnung nicht beseitigt.

Die Entstehung von Curven als Contactzeilen ist aber ein Fingerzeig, dass Schwendener bei dem Entwurf des Diagrammes von einer unrichtigen Voraussetzung ausgegangen ist. Als Tragaxe der sich verkleinernden Organe nimmt er den Cylinder an, bez. die aufgeschnitten gedachte und in eine Ebene ausgebreitete Mantelfläche desselben. Diese Annahme halte ich nicht für zulässig; ich kenne kein Beispiel eines Organsystemes mit Zeilen nach der Hauptreihe, welches an einem anderen Körper als einem kegelförmigen entstände. Ich bin der festen Ueberzeugung, dass die Schwendener'sche Ansicht von der Nothwendigkeit einer Entstehung der Berührungszeilen nach der

Hauptreihe richtig ist; ich sehe noch heute in der Aufstellung des Satzes, wie ich oben gesagt habe, den wichtigsten Fortschritt in der Lehre der Organstellungen; aber ich zweifele andererseits durchaus daran, dass unter Zugrundelegung des Cylinders als Besetzungsaxe eine befriedigende Beweisführung möglich ist. Gerade die Entstehung von anderen Raumcurven (nicht Spiralen) als Contactlinien deutet darauf hin, dass allein kegelförmige Körper in Betracht kommen; denn auf dem abgerollten Kegelmantel bilden regelmässige Contactlinien ähnliche Curven. Man kann sich leicht von der Thatsache überzeugen, wenn man die Fixpunkte der Schuppen eines recht regelmässigen Coniferenzapfens auf ein umgelegtes Oelpapier absticht.

Die Tragaxen von Organsystemen mit regelmässigen Contactzeilen nach der Hauptreihe müssen eine bestimmte Classe von Körpern bilden, welche auch den flachgewölbten, ebenen, ja selbst den vertieften Blüthenboden einschliesst. Die Classe muss von der Eigenschaft sein, dass durch Variation einer Grösse in ihrer Gleichung alle diese Körper abgeleitet werden können. Wir verstehen, dass dem Cylinder diese Eigenschaft niemals zukommen kann, dass dagegen die Rotationskörper von kegelförmiger Gestalt*) jener Bedingung entsprechen, sobald wir als Veränderliche die Höhe annehmen. Unter diesem Umstande wird aus dem hochkegelförmigen Compositenköpfchen, wenn sich H verkleinert, das flachere der Scabiosenköpfchen; wird die Höhe $= 0$, so entsteht die Ebene der Sonnenrose und wird H negativ, so bildet sich der schüsselförmige Besetzungskörper, der uns oben als Uebergangsgebilde bei der Entstehung des Sonnenrosenköpfchens begegnete und der an den Feigen, an dem Blüthenstande vieler *Monimiaceae*, aber auch an dem Blüthenboden der Rosen und endlich an den Fruchtknoten nicht weniger Pflanzen bekannt ist, die alle Organsysteme nach den Zahlen der Hauptreihe geordnet tragen.

Hätte Schwendener als Ausgangspunkt seines Diagrammes an Stelle des abgerollten Cylindermantels den ausgebreiteten Kegelmantel gewählt, so würde er sich den Verhältnissen, die in der Natur obwalten, mehr genähert haben, in Sonderheit würden unter Umständen die definitiven Zeilencurven die Constanz der Divergenzwinkel bewahrt haben.

Abgesehen davon, dass der Cylinder durch Variation einer Grösse seiner Gleichung nicht in die Ebene oder in einen Hohlkörper übergeführt werden kann, gehört zu seinen besonderen Eigenschaften ganz offenbar nicht die, dass in einer Spirale auf der 1er-Zeile angereihte

* Ich brauche wohl kaum darauf hinzuweisen, dass ich nicht an den gewöhnlichen geraden Kegel allein denke.

Organe mit constanten Divergenzwinkeln unter lückenlosem Contact die Zeilen nach den Zahlen der Hauptreihe ordnen müssen. Wäre er ein solcher Körper, dann dürften sich über der Grundlinie *U*, welche zwei in den Seiten des ausgebreiteten Cylindermantels gelegene identische Organe oder Punkte verbindet, nur Dachstuhldreiecke construieren lassen, deren Seiten sich wie die Zahlen der Hauptreihe verhalten, also wie 1 : 2, 2 : 3, 3 : 5, 5 : 8 Es ist aber klar, dass man über *U* Dreiecke mit jedem beliebigen Verhältnisse der Seiten zeichnen kann. In der Möglichkeit der Construction jedes beliebigen Dreiecks liegt die Ursache, dass der Cylinder der Entstehung der Zeilen nach den Zahlen der Hauptreihe nicht zuwider ist, dass neben ihnen aber andere Reihen sich bilden können; während umgekehrt die Tragaxe der Pflanzen, welche stets in ihren Organsystemen die Zeilen nach den Zahlen der Hauptreihe angeordnet aufweisen, von einer Form sein muss, welche andere Anreihungen vollkommen ausschliesst.

Als Resultat meiner Untersuchungen und Betrachtungen möchte ich also folgende Punkte hinstellen: Die Erklärung Schwendener's von der häufigen Wiederkehr der Zeilen in Organsystemen nach den Zahlen der Hauptreihe ist in den Grundzügen wohl richtig; sie bedarf aber noch der Correctur, dass an Stelle einer cylindrischen Tragaxe eine solche ermittelt wird, welche den in der Natur gegebenen Formen entspricht. Die Ermittelung derselben kann nur die Sache des Mathematikers sein. Er wird dieses Problem der Blattstellung als das eines unter bestimmten bekannten Bedingungen im Raume wandernden Punktes zu lösen versuchen müssen und aus der erhaltenen Curve eine Gleichung für eine Classe von Körpern ableiten, in deren Mantel diese Curve läuft. Mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit wird diese Classe von Körpern Rotationskörper darstellen, die mit der Kegelform viele Beziehungen gemein hat.

Die Lösung des Problems bietet offenbar Schwierigkeiten, welche nicht ganz leicht zu überwinden sind. Mehrere Mathematiker, mit denen ich mich in Verbindung setzte, waren demselben gegenüber machtlos.

VI. Die mathematische Entwicklung des Dachstuhlgesetzes.

Ich habe im Laufe dieser Arbeit gezeigt, dass meinen Messungen und Beobachtungen zufolge die von Schwendener berechneten Verschiebungen an wachsenden Axen nicht stattfinden. Ich konnte weder an solchen Axen, welche durch ein vornehmliches Längenwachsthum ausgezeichnet sind, Veränderungen in den Zeilenzahlen nach niedri-

geren Ziffern hin, noch in solchen, welchen ein vorwiegendes Breitenwachsthum zukommt, nach den höheren Ziffern hin nachweisen. Meine Beobachtungen auf dem Wege des directen Vergleiches an denselben Objecten gaben ebenso wenig wie der Weg des indirecten Vergleiches von Entwicklungszuständen an verschiedenen Gebilden, nach Festsetzung des Maasses der Wiederkehr in den Stellungsverhältnissen, eine Bestätigung des SCHWENDENER'schen Dachstuhlgesetzes, um mich kurz auszudrücken. Durch directe Messungen konnten Verschiebungen der Blätter gegen die Ausgangsstellung nicht nachgewiesen werden.

Nachdem ich die Prämissen, von denen SCHWENDENER ausgegangen ist, von allen Seiten beleuchtet habe, will ich noch kurz einen Blick auf die mathematische Ableitung des Gesetzes werfen, um zu sehen, ob auch hier noch eine Annahme vorliegt, welcher wir nicht zustimmen können und durch deren Ausschaltung ein anderes Resultat erlangt wird. In seiner Ableitung geht SCHWENDENER von dem Gedanken aus, dass die Tragaxe wächst, während die in Reihen angeordneten Organe ihre frühere Grösse behalten. Wenn SCHWENDENER mit Scheibchen operiert, die auf einer ausgebreiteten Cylinderfläche gleiten, so kann er diese Annahme wohl machen. Dieselbe ist aber meinem Ermessen nach nicht statthaft, sobald wir einen Pflanzenkörper, der mit Organen besetzt ist, zu Grunde legen. Denn durch SCHWENDENER'S Annahme wird eine Discordanz des Wachsthums zwischen Organ und Tragaxe statuiert, die niemals vorkommen kann. Ich habe diesen Punkt schon einmal flüchtig oben berührt. Hier will ich noch hinzufügen, dass wir uns die Wachsthumsvorgänge am besten vorstellen können, wenn wir einen SCHWENDENER'schen Dachstuhl auf einer dehnbaren Fläche auftragen, welche von der Beschaffenheit sein muss, dass sie sich, nach einer Richtung ausgezogen, nicht in der darauf senkrechten verkürzt. Die Folge jedes Zuges ist die Veränderung der Formen bei Wahrung des lückenlosen Contactes. Diese Art des Wachsthums haben wir an den Köpfchen der Sonnenrose und der *Rudbeckia* oben nachgewiesen.

Liegt ein geschlossenes System vor, wie es durch SCHWENDENER'S Dachstuhlzeichnung dargestellt wird, so kann ein auf den Scheitel wirkender Druck keine Veränderung hervorbringen. Die Vertheilung der Kräfte wirkt, wie sie SCHWENDENER geschildert hat. Nur kann ich schliesslich die nach rechts wirkende Kraft in dem rechten Fusspunkte geradlinig so weit verlegen, bis sie an dem linken Fusspunkte angreift, da die Punkte identisch sind. Dann wirken auf einen Punkt zwei gleiche Kräfte in entgegengensetzter Richtung und der Punkt befindet sich im Gleichgewicht. Herrscht nun zwischen dem Zuwachs des Cylindermantels und dem der Organe auf demselben Concordanz,

so wird mit jedem Zuwachstheilchen in der ganzen Ausdehnung der geschlossenen Systeme niemals eine Aenderung eintreten, d. h. das System wird, bis das definitive Maass der Ausdehnung erreicht ist, in Ruhe bleiben, wobei allerdings die Gestaltsveränderung der Organe in dem Maasse erfolgt, welches dem Zuwachs der Axe entspricht.

Es war im Hochsommer 1894, dass ich mit dieser Angelegenheit ins Reine gekommen war. Im Herbste desselben Jahres hatte ich mit Herrn Oberförster Dr. Möller in Eberswalde zu wiederholten Malen Gelegenheit, über die Lehren von der Blattstellung zu sprechen. Dabei theilte ich ihm im Laufe unserer Unterhaltungen auch mit, dass mir die mechanische Theorie von Schwendener im ersten Theile, namentlich das Dachstuhlgesetz, nicht richtig zu sein schiene, und legte ihm schliesslich meine Bedenken auseinander. Darauf sagte er mir, dass er bereits seit dem Sommer mit seinem Onkel Fritz Müller in Blumenau über die Blattstellungen correspondiert habe und dass er mir im Auftrage und mit Willen seines Onkels ein Papier aushändigen solle, welches er mir übergab.

Zu meiner grossen Ueberraschung las ich nun in Gegenwart des Herrn Dr. Möller, dass Fritz Müller in Blumenau unabhängig von mir zu denselben Resultaten gekommen war. Ich sagte gern zu, dass ich von dieser Thatsache in meiner Arbeit Mittheilung machen würde. Leider verzögerte sich durch die immer wieder erneuten Messungen der Abschluss mehrere Jahre, so dass ich erst nach Fritz Müller's Tode der eingegangenen Verpflichtung gerecht werden kann. Ich will die Genugthuung nicht unterdrücken, die ich empfand, als ich mich mit diesem so ausgezeichneten Beobachter über ein wichtiges Problem eins wusste. Neuerdings habe ich in kurzen Zügen die Lösung auch Herrn Casimir de Candolle unterbreiten dürfen, welcher liebenswürdig genug war, sie zu prüfen und mir seine Zustimmung auszudrücken. Es ist mir eine angenehme Pflicht, ihm dafür meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Endergebniss.

Ich habe in dem letzten Capitel gezeigt, dass das Dachstuhlgesetz Schwendener's, auf Grund dessen bei verschiedenen Maassen von Längen- und Dickenwachsthum in einem Organsysteme Verschiebungen eintreten müssten, nicht richtig sein kann, weil die Fusspunkte des Dachstuhls in einem identischen Punkte zusammenfallen, indem bei concordantem Wachsthum von Axe und Organen Gleichgewicht herrscht. Mit diesem Gesetz fallen auch die Verschiebungen, welche Schwendener berechnete, weg und meine Beobachtungen, nach wel-

chen ich sowohl an Systemen mit vornehmlichem Längenwachsthum, wie an solchen mit vornehmlichem Dickenwachsthum Verschiebungen irgend welcher Art nicht nachweisen konnte, erhalten auch ihre mathematische Erhärtung.

Von der mechanischen Blattstellungstheorie bleibt also nur der zweite Theil übrig, welcher sich mit der Anreihung von Neubildungen an den Vegetationskegel und der dadurch bedingten Stellung an den Axen beschäftigt. Erfahrungsgemäss haben die neu entstehenden Organe eine fixe Lage zu den vorhergehenden; ebenso lehrt uns die Erfahrung, dass diese Organe sich nach dem Scheitel hin verkleinern. Beide Beobachtungen lassen es als eine Nothwendigkeit erscheinen, dass diese Organe regelmässige Zeilensysteme bilden müssen. Sie bedingen aber zugleich, dass man diesen Theil des Blattstellungsproblems wohl kaum als ein mechanisches, sondern vielmehr als ein geometrisches ansehen sollte, das als solches auch wohl lösbar ist.

Wir könnten das Problem nur dann ein mechanisches nennen, wenn die ursächlichen Bedingungen ermittelt werden sollten, welche bewirken, dass die Organe unter allen Umständen an dem Orte entstehen müssen, an welchem sie erscheinen. Vorläufig ist die Frage nach den Ursachen, d. h. nach dem Spiel der Kräfte, die an diesem Orte und in seiner Umgebung wirken, noch nicht gestellt, und sie bleibt eine geometrische, wenn wir auch erfahrungsgemäss wissen, dass sich entweder von Anfang an oder bald, wenigstens häufig, die Organe seitlich lückenlos berühren. Nach dem gegenwärtigen Stande der Frage ist aber die Berührung keine nothwendige Forderung mehr, da der Contact nur geboten war unter der Voraussetzung, dass sich gewisse Drucke durch die sich berührenden Körper fortpflanzten. Für die geometrische Fassung der Frage genügt die fixe Lage der Organe zu den vorhergehenden auch ohne Berührung.

Aus der letzterwähnten Bedingung geht die Bildung regelmässiger Zeilen hervor. Ich bin nach meinen Erfahrungen geneigt, anzunehmen, dass Schwendener Recht hat, wenn er meint, dass die Zahlen der Hauptreihe bei fester Lage der Organe und allmählicher Verkleinerung entstehen müssen. Die allgemeine Erfahrung belehrt uns ja über die Häufigkeit ihres Vorkommens. Ich weiche aber von Schwendener ab, indem ich meine, dass diese Zahlen nur an einer gewissen Classe von Körpern auftreten müssen, welche die Gestalt eines Rotationskörpers etwa von der Form eines Umdrehungsparaboloids oder Kegels haben. Die Besetzungskörper müssen die Eigenthümlichkeit aufweisen, dass sie durch Verminderung der Höhe zur Ebene werden und dass sie, wenn die Höhe negativ wird, in Hohlkörper übergehen. Diese Eigenschaft kommt dem Cylinder, welchen Schwendener als Besetzungs-

körper ausnahmslos in Frage zieht, nicht zu; ausserdem hat derselbe nicht die besondere Eigenschaft, dass auf ihm nur Systeme aus zwei Zeilenzahlen nach der Hauptreihe auftreten müssen, wenn sie auch vorkommen können.

Wenn die Mathematik das Problem, diese Rotationskörper zu bestimmen, gelöst hat, dann wissen wir auch in geometrischem Sinne, warum so ausserordentlich häufig die Systeme mit Berührungszeilen nach der Hauptreihe auftreten. Vorläufig müssen wir uns noch immer damit begnügen, die Thatsache zu constatieren, eine Erklärung für dieselbe liegt noch nicht vor, wenn sie auch in Aussicht steht.

Die Ansicht Schwendener's, dass sich die realen Blattstellungsverhältnisse mathematisch durch die heute gewöhnlich angenommenen festen Divergenzen nach der Hauptreihe und den Nebenreihen nicht ausdrücken lassen, ist richtig; sie stellen stets nur Annäherungswerthe dar. Die Richtigkeit dieser Thatsache geht nicht blos aus directen Winkelmessungen hervor, sondern auch aus der Berechnung der Divergenzbrüche, wenn man die Zeilenzahlen und die Durchschnittswinkel der Zeilen zu Grunde liegt. Ueberhaupt sind aber die Blattstellungsverhältnisse nicht mit dem Auge des Mathematikers zu beurtheilen; in der Natur der Sache liegt es, dass gewisse Unregelmässigkeiten stets eintreten; denn weder die Organe, noch die Besetzungskörper sind mathematische Grössen, sondern in den Formen wandelbare organische Gebilde.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Die Vegetation der Erde.

Sammlung pflanzengeographischer Monographien

herausgegeben von

A. Engler und **O. Drude**

ord. Professor der Botanik und Direktor des botan. Gartens in Berlin

ord. Professor der Botanik und Direktor des botan. Gartens in Dresden.

Bisher erschienen:

I.

Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel

von *Moritz Willkomm.*

Mit 21 Textfiguren, 2 Heliogravüren und 2 Karten.

Lex. 8. 1896. geh. *M* 12.—; geb. (in Ganzleinen) *M* 13.50.

Subscriptionspreis: geh. *M* 10.—; geb. (in Ganzleinen) *M* 11.50.

II.

Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen

von *F. Pax.*

I. Band. Mit 9 Textfiguren, 3 Heliogravüren und 1 Karte.

Lex. 8. 1898. Geh. *M* 11.—; geb. (in Ganzleinen) *M* 12.50.

Subscriptionspreis: geh. *M* 9.—; geb. (in Ganzleinen) *M* 10.50.

III.

Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern

von der unteren Wolga über den Manytsch-Scheider bis zur Scheitelfläche Hocharmeniens.

von *Dr. Gustav Radde.*

Mit 13 Textfiguren, 7 Heliogravüren und 3 Karten.

Lex. 8. geh. *M* 23.—; geb. (in Ganzleinen) *M* 24.50.

Subscriptionspreis: geh. *M* 19.—; geb. (in Ganzleinen) *M* 20.50.

Pflanzenphysiologie.

Ein Handbuch

der Lehre vom

Stoffwechsel und Kraftwechsel in der Pflanze

von

Dr. W. Pfeffer

o. ö. Professor an der Universität Leipzig.

Zweite, völlig umgearbeitete Auflage.

Erster Band: Stoffwechsel.

Mit 70 Holzschnitten. gr. 8. 1897. Geh. *M* 20.—; geb. *M* 23.—.

»Fasst man das Urteil über die neue Auflage des Pfeffer'schen Handbuches zusammen, so wird es nur ein anerkennendes und von lebhaftester Befriedigung erfülltes sein können. Das Buch will studiert und nicht gelesen sein. Es steht in einem schroffen Gegensatz zu den bekannten Vorlesungen und dem Lehrbuch der Pflanzenphysiologie von Sachs. Die formvollendete Darstellung und die schöne Sprache dieses vermisst man freilich, ja es ist zuzugeben, dass viele Seiten gerade durch das Bestreben, die Einzeldinge von einem allgemeineren Standpunkt aus zu betrachten, dunkel und schwer verständlich geschrieben erscheinen. Aber trotzdem ist der didactische Wert ein höherer. Pfeffer's Werk gleitet über die Schwierigkeiten nicht hinweg und wiegt uns nicht in den Traum, als ob wir es schon herrlich weit gebracht hätten. Überall ist das Lückenhafte unseres Wissens betont und damit der Ansporn gegeben, stets neu zu prüfen und das Gewonnene durch stets neue Thatsachen zu festigen.«

Engler's Botan. Jahrb. XXVI. Bd.

Verlag von **Wilhelm Engelmann** in Leipzig.

Berthold, G., **Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation.** Erster Teil. Mit einer lithographischen Tafel. gr. 8. 1898. ℳ 6.—.

Frank, A. B., **Lehrbuch der Botanik.** Nach dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft bearbeitet. Zwei Bände. Mit 664 Abbildungen in Holzschnitt. gr. 8. 1892/93. geh. ℳ 26.—, geb. ℳ 30.—.

Garten, **Der botanische, „'SLands Plantentuin" zu Buitenzorg auf Java.** Festschrift zur Feier seines 75jährigen Bestehens. (1817—1892.) Mit 12 Lichtdruckbildern und 4 Plänen. gr. 8. 1893. ℳ 14.—.

Goebel, K., **Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzenmorphologie,** nach der 4. Auflage des Lehrbuchs der Botanik von J. Sachs neubearbeitet. Mit 407 Holzschnitten. gr. 8. 1882. geh. ℳ 12.—; geb. ℳ 13.75.

Grisebach, A., **Gesammelte Abhandlungen** und kleinere Schriften zur Pflanzengeographie. Mit dem Porträt des verewigten Verfassers, radirt von W. Unger, biogr. Nachrichten und Bibliographie seiner Werke. gr. 8. 1880. geh. ℳ 20.—; geb. ℳ 22.25.

— **Die Vegetation der Erde** nach ihrer klimatischen Anordnung. Ein Abriss der vergleichenden Geographie der Pflanzen. Zweite vermehrte und berichtigte Auflage. 2 Bände mit Register und 1 Karte. gr. 8. 1884. geh. ℳ 20.—; geb. ℳ 24.50.

Haberlandt, G., **Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze.** Eine anatomisch-physiologische Untersuchung. Mit 3 lithographischen Tafeln. gr. 8. 1890. ℳ 4.—.

— **Eine botanische Tropenreise.** Indo-malayische Vegetationsbilder und Reiseskizzen. Mit 51 Abbildungen. gr. 8. 1893. geh. ℳ 8.—; geb. ℳ 9.25.

— **Physiologische Pflanzenanatomie.** Zweite neubearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 235 Abbildungen. gr. 8. 1896. geh. ℳ 16.—; geb. ℳ 18.—.

Niedenzu, Franz, **Handbuch für botanische Bestimmungsübungen.** Mit 15 Figuren im Text. 8. 1895. geh. ℳ 4.—; geb. ℳ 4.75.

Noll, F., **Über heterogene Induktion.** Versuch eines Beitrags zur Kenntniss der Reizerscheinungen der Pflanzen. Mit 8 Figuren in Holzschnitt. gr. 8. 1892. ℳ 3.—.

Sachs, Julius, **Vorlesungen über Pflanzenphysiologie.** Zweite neubearbeitete Auflage. Mit 391 Holzschnitten. gr. 8. 1887. geh. ℳ 18.—; geb. ℳ 20.—.

— **Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie.** Zwei Bände. Mit 10 lithograph. Taf. und 126 Textbildern. gr. 8. 1892/93. geh. ℳ 29.—; geb. ℳ 33.—.

Schwendener, S., **Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen,** mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen. Mit 12 Holzschnitten und 14 lithographischen Tafeln in Farbendruck. Lex. 8. 1874. ℳ 12.—.

— **Mechanische Theorie der Blattstellungen.** Mit 17 lithographischen Tafeln. 4. 1878. ℳ 10.—.

Warburg, O., **Die Muskatnuss,** ihre Geschichte, Botanik, Kultur, Handel und Verwerthung, sowie ihre Verfälschungen und Surrogate. Zugleich ein Beitrag zur Kulturgeschichte der Banda-Inseln. Mit 3 Heliogravüren, 4 lithographischen Tafeln, 1 Karte und 12 Abbildungen im Text. gr. 8. 1897. geh. ℳ 20.—; geb. (in Ganzleinen) ℳ 21.50.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schumann, Karl

Morphologische Studien

Bd.: 1

1892

Phyt. 641 fd-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11883196-7